Augmenter la capacité de rétention en eau des sols, en cultures légumières, par l'utilisation des Bois Raméaux Fragmentés

Synthèse de trois années d'expérimentation
2009-2010-2011

Service Développement économique des filières & Service Environnement et Territoires

Juin 2012

Les Bois Raméaux Fragmentés (B.R.F.)

Sommaire

I Le contexte **3**

De nombreux bénéfices attendus 3
Un principe simple mais efficace 3
Un matériau et deux techniques 3

II Le dispositif expérimental mis en place **4**

Les hypothèses de travail choisies 4
Les agriculteurs, les exploitations et les sites retenus 5
Les sols 5
Les modalités testées 6

III Les B.R.F. utilisés **7**

Les essences choisies 7
La composition du produit brut 8
La caractérisation biochimique de la matière organique 10
Le potentiel humique 11
La teneur en éléments fertilisants 12
Les traces métalliques 12

IV Résultats obtenus lors de trois années d'expérimention **13**

Site 2 Pascal Roux – Saint-Hilaire de Bretmas – Pomme de terre 13
Site 3 Bruno Nougier – Arpaillargues – Asperge 25
Site 4 Jean-Robby – Bourdic- Blé dur 37
Site 5 Didier Bonnard – Montfrin – Pomme de terre primeur 47
Site 6 Olivier Dumont – Saint-Gilles – Fraise 57

V Approfondissement méthodologique **66**

VI Synthèse des résultats obtenus lors de trois années d'expérimention **68**

VII Conclusions **74**

Bibliographie 76

Acronymes et abréviations 77

Annexes 78

I Le contexte

La pression sur la **ressource en eau** (tant quantitative que qualitative) et la lutte contre la dégradation des sols, représentent deux défis majeurs que l'agriculture doit relever aujourd'hui, ce qui implique de nombreuses remises en question dans différents domaines.

Ces dernières années le sol a été le plus souvent considéré comme un substrat de culture avec pour conséquence un appauvrissement considérable de sa capacité à résister aux aléas climatiques (sécheresse, inondation) ainsi qu'aux attaques des bio-agresseurs. La différence entre cet écosystème devenu artificiel et l'écosystème forestier qui ne demande ni eau, ni engrais, ni pesticide est frappante. L'étude du fonctionnement des forêts a débouché sur l'utilisation en agriculture de broyat de branches d'arbres ou arbustes, plus connu sous le nom de B.R.F. (Bois Raméal fragmenté).

De nombreux bénéfices attendus

Les B.R.F. semblent en effet posséder de nombreux atouts : ils stimulent l'activité des **organismes du sol**, augmentent la teneur en **humus** stable et par-là même, la capacité à retenir l'eau (jusqu'à 20 fois son poids) et les éléments minéraux. En outre, ils améliorent la structure du sol et limitent l'**érosion**. Ils accroissent aussi la **réserve en eau** du sol par sa restructuration et régulent son humidité grâce à l'augmentation de l'activité biologique. Les plantes résistent ainsi mieux à la sécheresse.

Les aquaporines complètent l'effet humus. Découvertes en 1988 par le prix Nobel de chimie 2003, les **aquaporines** sont des **protéines « canal à eau »** présentes dans tous les organismes vivants. L'enrichissement du sol par une couverture de fragments de bois induit la dégradation de la lignine par des champignons, favorise la présence des aquaporines, qui favorisent elles-même la conservation de l'humidité.

Un principe simple mais efficace

Des **rameaux verts d'essence feuillus** sont fragmentés, broyés puis épandus au sol ou incorporés aux premiers centimètres du sol. La technique des BRF est en fait comparable à une accélération du **processus pédogénétique** naturellement en œuvre dans la forêt. Les BRF agissent alors positivement sur l'ensemble des composantes du sol : minérales, énergétiques, biochimiques, chimiques et biologiques pour en faire une synthèse dont l'expression sera composite et dynamique (Lemieux et Lachance, 2000). Ils permettent une ***aggradation*** (par opposition à dégradation) du système sol avec pour effet une augmentation de la biodiversité, un apport direct d'énergie au sol et la **formation d'humus** forestier (Domenech *et al*, 2006). Ce sont les fractions **lignine** du bois : la guaïcyl et la syringyl, les deux polyphénols les plus importants avec les tannins, qui jouent un rôle primordial dans la pédogenèse.

Les BRF sont constitués de trois parties, les branches, les rameaux et les feuilles. Les rameaux doivent être de **diamètre inférieur à 7 cm**, fragmentés jusqu'à **5-10 cm de longueur**. Les BRF jouent un rôle très précis dans la formation et le maintien d'un sol fertile ce qui n'est pas le cas des écorces, du bois de tronc, des sciures, des copeaux de rabotage ou de tout autre résidu d'origine industrielle.

Un matériau et deux techniques

Selon les cultures et l'objectif recherché, les BRF seront soit **étalés** en une couche de 1 à 3 cm au sol pour constituer un paillage naturel, soit **incorporés** dans les 5 à 10 premiers centimètres du sol. Dans les deux cas, il faut **66 t/ha** (250 m^3/ha) de BRF la première année. Par la suite, un apport de 20 t/ha doit être réalisé tous les 3 ans.

II Le dispositif expérimental mis en place

Depuis quelques années ce matériau suscite un **intérêt croissant** en France. Mais il y a de nombreuses **incertitudes** sur les conditions d'utilisation des B.R.F. Les références bibliographiques font état le plus souvent d'un apport en automne de 250 m^3/ha. Le sol peut-il « digérer » une telle quantité ? Quelles seront les conséquences d'un tel apport sur le cycle de l'azote et de la disponibilité du nitrate pour les plantes cultivées ?

L'incorporation d'une aussi importante quantité de matière organique peut-elle augmenter la pression des bio-agresseurs (taupins, limaces, escargots…) ? Faut-il utiliser des B.R.F. frais ou compostés ? Quelles essences choisir ? Les résineux sont-ils à exclure ?

Le travail entrepris par la Chambre d'Agriculture du Gard n'a pas pour vocation de répondre à toutes les questions posées par la mise en œuvre de cette nouvelle technique. Il se propose dans un premier temps de vérifier l'**intérêt** des B.R.F. pour les **maraîchers** en **conditions méditerranéennes**, et dans une second temps de préciser son **mode d'emploi**. Devant la multitude des combinaisons possibles, nous avons émis plusieurs hypothèses de travail prenant en compte les pratiques actuelles des agriculteurs.

Les hypothèses de travail choisies

Afin de faciliter l'adoption éventuelle de cette technique par les producteurs et la mise en évidence d'effets mesurables, nous avons fait le choix d'une part, de réaliser ce travail d'acquisition de références **chez et avec les agriculteurs,** et d'autre part **d'insérer l'utilisation des B.R.F. dans l'itinéraire cultural** des agriculteurs. L'apport de B.R.F. constitue l'unique modification des pratiques.

Ainsi, les conséquences du B.R.F. sur la **gestion hydrique** des cultures seront observées sans que la pratique des agriculteurs ne soit modifiée. Un ajustement des irrigations en fonction des modalités (notamment témoin et B.R.F.) rendrait difficile la mise en évidence d'un effet B.R.F., celui ci étant couplé à un effet dose d'apport en eau.

De même, nous avons décidé de **limiter les conséquences** déjà observées **d'une faim d'azote** sur la productivité des cultures. Nous avons préférer **justifier de son intérêt** et de son ampleur par la mise en œuvre de mesure de la teneur en nitrate du sol et/ou de la plante (méthode Nitratest et PILazo). Un tiers du département du Gard étant en zone vulnérable, il ne nous est pas apparu opportun de réaliser une majoration systématique de la fertilisation azotée.

Enfin, nous avons retenu la stratégie d'un apport de **250 m^3/ha** réalisé soit en totalité, soit en deux fois.

Les agriculteurs, les exploitations et les sites retenus

Afin de prendre en compte la diversité de l'agriculture gardoise, nous avons retenu six agriculteurs aux profils différents.

Tableau 1 : présentation des agriculteurs

	Exploitations		
	Orientation	Production	Taille
Pascal Roux	Grandes cultures, pomme de terre, maraîchage	Conventionnelle	Moyenne
Bruno Nougier	Viticulture, asperge	Conventionnelle	Moyenne
Jean-Luc Robby	Viticulture, grandes cultures, maraîchage	Conventionnelle	Grande
Didier Bonnard	Viticulture, pomme de terre, maraîchage	Conventionnelle	Moyenne
Olivier Dumont	Arboriculture, maraîchage	Conventionnelle	Grande
Véronique Giraud et les stagiaires de l'ASPI (1)	Maraîchage	Biologique	Petite

(1) l'ASPI est une Association de Soutien Pour l'Insertion qui utilise des B.R.F depuis plusieurs années

Le site de l'ASPI ne fait pas l'objet d'une synthèse des résultats. Le protocole d'expérimentation ne prévoyait pas de répétition. L'exploitation des données s'avèrent difficile.

Les sites ont été retenus en tenant compte de la ressource potentielle en B.R.F. (proximité de forêt, de déchetteries, …). La localisation des sites est présentée sur la carte en annexe 1.

Les sols

Les sols des parcelles d'expérimentation ont des textures et des caractéristiques agronomiques différentes.

Tableau 2 : présentation des sols

	Sol			
	Texture	Teneur en argile	Réserve utile	Matière organique
Pascal Roux	Limon sablo-argileux	10,5 %	44 mm	3,67 %
Bruno Nougier	Argile limono-sableuse	36,8 %	77 mm	2,09 %
Jean-Luc Robby	Argile limono-sableuse	33,2 %	71 mm	1,75 %
Didier Bonnard	Limon sablo-argileux	16, 7 %	50 mm	1,74 %
Olivier Dumont	Limon argilo-sableux	22, 9 %	59 mm	3,19 %

Sur chaque site, les différentes modalités ont fait l'objet d'analyses de sol, avant la mise en place de l 'expérimentation (2008) et à la fin de l'expérimentation (2011). Un nombre important de paramètres ont été mesurés (annexe 2).

Les modalités testées

Sur chaque site une modalité « **témoin** » n'a pas reçu de B.R.F. Chaque modalité « B.R.F. » a reçu **250 m^3/ha** de B.R.F., soit en un seul apport, soit en deux apports de 125 m^3/ha. Le B.R.F. a, soit été **incorporé** dans les premiers centimètres du sol, soit été épandu à la surface du sol en **paillage**. Sur le site de l'ASPI, il a été rajouté une modalité « B.R.F. + compost » afin de tenir compte de la difficulté d'apport azoté en cours de culture en Agriculture Biologique. Les B.R.F. utilisés sont de deux origines : **déchets verts** et platane. Les différentes modalités testées sont regroupées dans le tableau 3.

Tableau 3 :présentation des modalités

	B.R.F.			
Technique	Incorporation		Paillage	
Quantité	**250 m^3/ha**	125 m^3/ha + 125 m^3/ha		**250 m^3/ha**
Pascal Roux	Déchets verts	Déchets verts	Platanes	
Bruno Nougier				Platanes
Jean-Luc Robby				Déchets verts
Didier Bonnard	Déchets verts	Déchets verts	Platanes	
Olivier Dumont	Déchets verts			Platanes

III Les B.R.F. utilisés

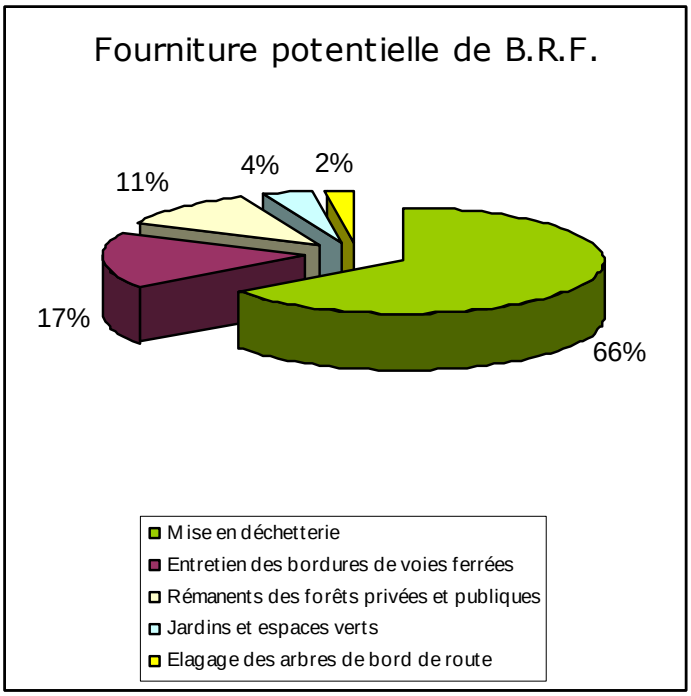
Les essences choisies

A l'élaboration du protocole expérimental, lors du choix des sites, il a été décidé de prendre en considération les sources potentielles de fournitures en B.R.F. L'étude sur l'évaluation du potentiel B.R.F. dans le département du Gard a permis d'identifier les principales sources de fournitures. Nous avons choisis deux origines de B.R.F. : **les déchets verts** provenant des déchetteries de communes et traités par des plate-forme de valorisation et des **rémanents de taille de platane**. Le B.R.F. issus de déchets verts a l'avantage d'être un gisement important, il permet d'avoir des essences mélangés et il est disponible sur l'ensemble du département.

Par contre, pour les besoins de l'expérimentation, les essences ont été triées. Cette opération apparaît impossible en routine. De plus, le présence de corps étrangers (plastique, vieux bois, bois de calibre important) pose problème. Le B.R.F. issu du broyage de branches de platanes présente l'avantage d'être déjà broyé par l'entreprise. Par contre, la présence d'une unique espèce peut être considéré comme un inconvénient.

Tableau 4. : Ressource potentielle annuelle de B.R.F. sur le département du Gard.

Déchets verts	Volume B.R.F. (en m^3)
Mise en déchetterie	15 415
Entretien des bordures de voies ferrées	4 000
Rémanents des forêts privées et publiques	2 665
Jardins et espaces verts	1 032
Elagage des arbres de bord de route	500
Total	**23 612**



2 origines		
Déchets verts		Platanes
ECOVAL 30 GROUPE THERBIO	Cévennes déchets	Spécialiste arboricole Sté CLEMENÇON Taille et soins des arbres Elagages et abattages spéciaux Location de nacelles de 16 à 66 m. 04 66 24 89 45

Située à Beaucaire dans le sud-est du département du Gard, la société ECOVAL a une délégation service public Sud Rhône Environnement. Elle couvre 42 communes (Uzès, Milhaud, Beaucaire) et collecte les déchets verts de 8 déchetteries. Chaque année les déchets verts sont transformés en 3 500 tonnes de compost végétaux.

Située à Alès, au nord du département, la société Cévennes déchets récupère les déchets des déchetteries du bassin alésien, des entreprises d'élagage et du service technique d'Alès. Elle traite environ 5 à 6 000 t de déchets verts par an.

La société Clemençon a été retenue après les appels d'offres pour élaguer les arbres en bordure des routes nationales et départementales. Ainsi ce sont environ 200 tonnes de broyat qui sont produits de septembre à décembre, dont 80 % de platane. Le siège social de l'entreprise est à Navacelles au nord-est du Gard. Les chantiers sont répartis sur l'ensemble du département.

La composition du produit brut

Le laboratoire d'analyse, SADEF a réalisé la **caractérisation Biochimique de la Matière Organique**. Ce laboratoire bénéficie d'une accréditation Cofrac pour son programme « matières fertilisantes et support de cultures » avec une portée couvrant la majorité des éléments traces métalliques (ETM). De nombreux éléments ont été mesurés (annexe 3). Les analyses ont été faites au moment des différentes applications.

Tableau 5 : dates de analyses en fonction des fournisseurs de B.R.F.

Fournisseurs	Dates analyses	Fournisseurs	Dates analyses
Cévennes Déchets	19/11/2008	Clemençon	10/12/2008
Ecoval	28/11/2008	Clemençon	19/03/2009
Ecoval	28/11/2008	Clemençon (1)	07/05/2009

(1) Les analyses ont été effectuées sur du B.R.F. frais à l'exception du broyat de platane analysé le 7/05/2009 et dont le prélèvement avait été réalisé sur un tas de B.R.F. en décembre 2008. Nous considérons donc que ce B.R.F. était pré-composté.

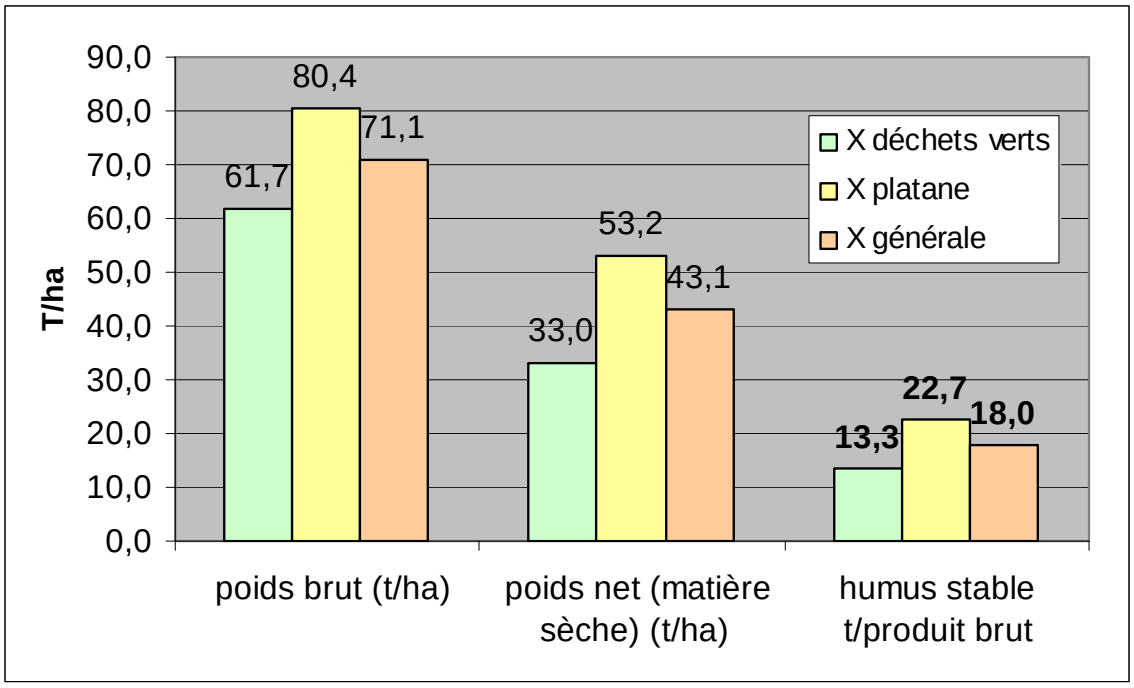
Souhaitant limiter la présence de feuilles, nous avons attendu mi-novembre pour réaliser la fabrication du B.R.F. Cependant, nous avons constaté qu'il restait encore des feuilles lors du broyage des déchets verts. Deux solutions s'imposent alors à nous, soit la période de fabrication de B.R.F. ne doit commencer qu'à partir du début décembre, soit la présence de feuilles doit être tolérée.

Nous avons utilisé comme source d'approvisionnement en B.R.F. pour nos essais, deux gisements « platane ». Pour les dates d'analyses du 10/12/2008 et du 07/05/2009, les prélèvements ont été effectués sur un tas situé sur la commune de Saint-Côme. Pour le 19/03/2009, le prélèvement a été fait sur la commune de Domazan.

Les 6 échantillons ont été analysés suivant la méthode de caractérisation biochimique (C.B.M.) développée par Robin d'après les travaux initiés par l'INRA (Linères et Djakovitch, 1993). Cette analyse permet de déterminer les teneurs en eau, matières minérales et matières organiques d'un produit de nature organique. La qualité de la fraction organique est obtenue en mesurant les proportions de composés de type soluble, de type hémicellulosique, de type cellulosique et de type lignine. Cette caractérisation permet de classer le produit étudié en terme d'usage agronomique et d'estimer le potentiel humique du produit, c'est à dire la quantité d'humus stable restant après la décomposition du produit dans le sol.

Un **apport type de 250 m^3/ha** représente une quantité brute de B.R.F. de 71 tonnes /ha. Le B.R.F. issu de broyat de platane est plus lourd.
Le poids net passe à 43 tonnes/ha pour donner **18 t/ha d'humus stable**. Le platane a un meilleur rendement humique que les déchets verts dans cette expérimentation.

Graphe 1 : poids brut, poids net et quantité d'humus stable de 250 m3 de B.R.F.



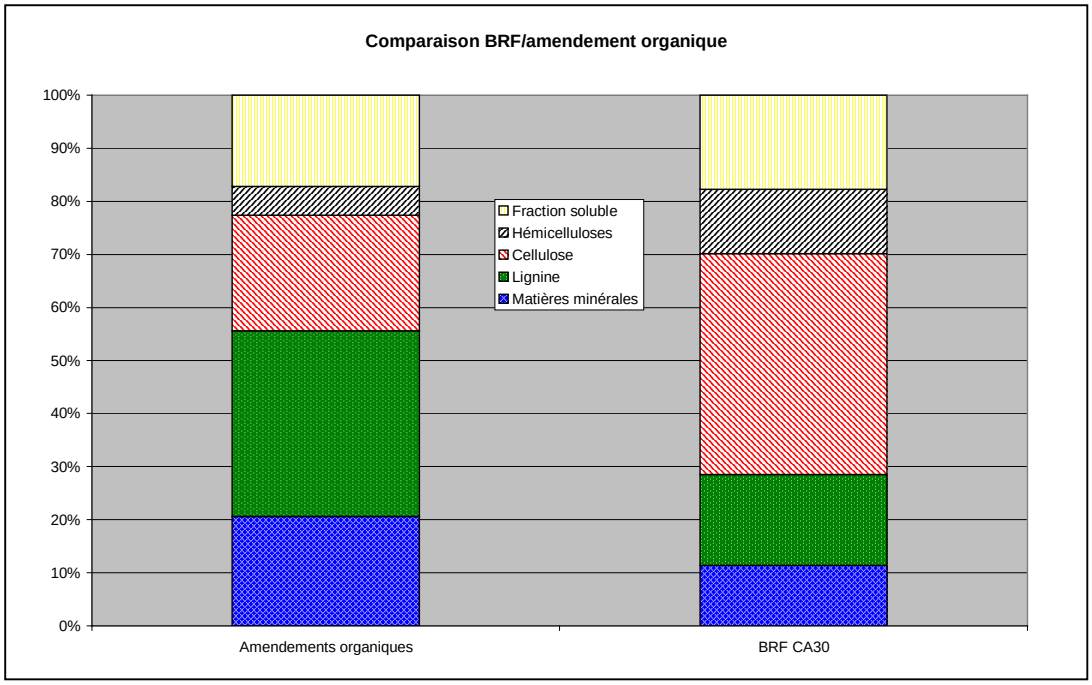
L'analyse de la composition du produit brut (eau-matières minérales - matières organiques) montre que des différences existent pour une même origine. A titre d'exemple concernant les déchets verts fournis par Ecoval, les deux échantillons analysés ont des compositions différentes notamment en ce qui concerne la teneur en matières minérales et en matières organiques, alors que les prélèvements ont été faits sur le même tas. La représentativité de l'échantillonnage est sûrement en cause (diversité non contrôlable des origines de déchets verts). Des tendances émergent : le broyat de **platane est plus riche en matières organiques** (+ 22 %), sa teneur en matière minérale est plus limitée (- 6.5 %) ainsi que sa teneur en eau (annexe 4).

La caractérisation biochimique de la matière organique

L'analyse des résultats des 6 échantillons atteste qu'il existe des différences entre les essences et, pour une même origine, entre les déchets verts. Nous pouvons cependant dire que **le B.R.F. d'origine « platane » est plus riche en cellulose** (+12.9%), plus riche en hemicellulose (+7%) **et plus pauvre en matières minérales** (-13.4%) et en fractions solubles (- 4.9%) (annexe 5).

En faisant la moyenne des résultats de nos 6 échantillons, et en tenant compte des différences observées, nous obtenons un profil « B.R.F. ». La comparaison de ce profil avec celui des amendements organiques fait apparaître que le **B.R.F. est plus riche en cellulose** et dans une proportion moindre en hémicelluloses.

Graphe 2 : comparaison des profils caractérisation de la matière sèche B.R.F. et amendements organiques



Le potentiel humique

Une estimation du potentiel humique a été réalisée sur les 6 échantillons (annexe 6).Le K1 a été estimé par le taux résiduel (Tr) calculé selon la formule publiée par D.Robin (Robin, 1997). Le coefficient isohumique indique la quantité d'humus stable formée par kg de matière sèche du B.R.F. frais. Un **K1** élevé correspond à un produit stable à haut pouvoir amendant. Le K1 du B.R.F. issu du broyage de branches de platane est supérieur à celui issu du broyage de déchets verts.

Tableau 6 : coefficient isohumique K1 des deux sources de B.R.F.

	Déchets verts (moyenne 3 échantillons)	Platane (moyenne 3 échantillons)
K1	0.48	0.55

La composition biochimique de différents produits organiques a été mise en relation avec leur biodégradation en incubation de longue durée. L'Indice de Stabilité Biologique (**I.S.B.)** est calculé à partir de l'incubation. La caractérisation Biochimique de la Matière organique (**C.B.M.)** est inspirée de la méthode de l'I.S.B. avec deux principales différences : la durée de l'incubation biologique et le niveau du fractionnement biochimique. Ces analyses ne permettent pas de préciser le temps nécessaire pour obtenir ce potentiel après incorporation des B.R.F. dans le sol. Ce délai dépend des conditions pédo-climatiques.

Quel que soit l'indicateur, I.S.B. ou C.B.M., le **potentiel d'humus stable** est considéré comme **moyen à élevé**. Le B.R.F « platane » obtient de meilleurs résultats.

Tableau 7 : I.S.B. et C.B.M. des deux sources de B.R.F.

	Déchets verts (moyenne 3 échantillons)	Platane (moyenne 3 échantillons)
I.S.B.	0.40	0.34
Kg de matière organique stable par tonne de produit brut	174	222
C.B.M. en kg d'humus stable par tonne de produit brut	255	378

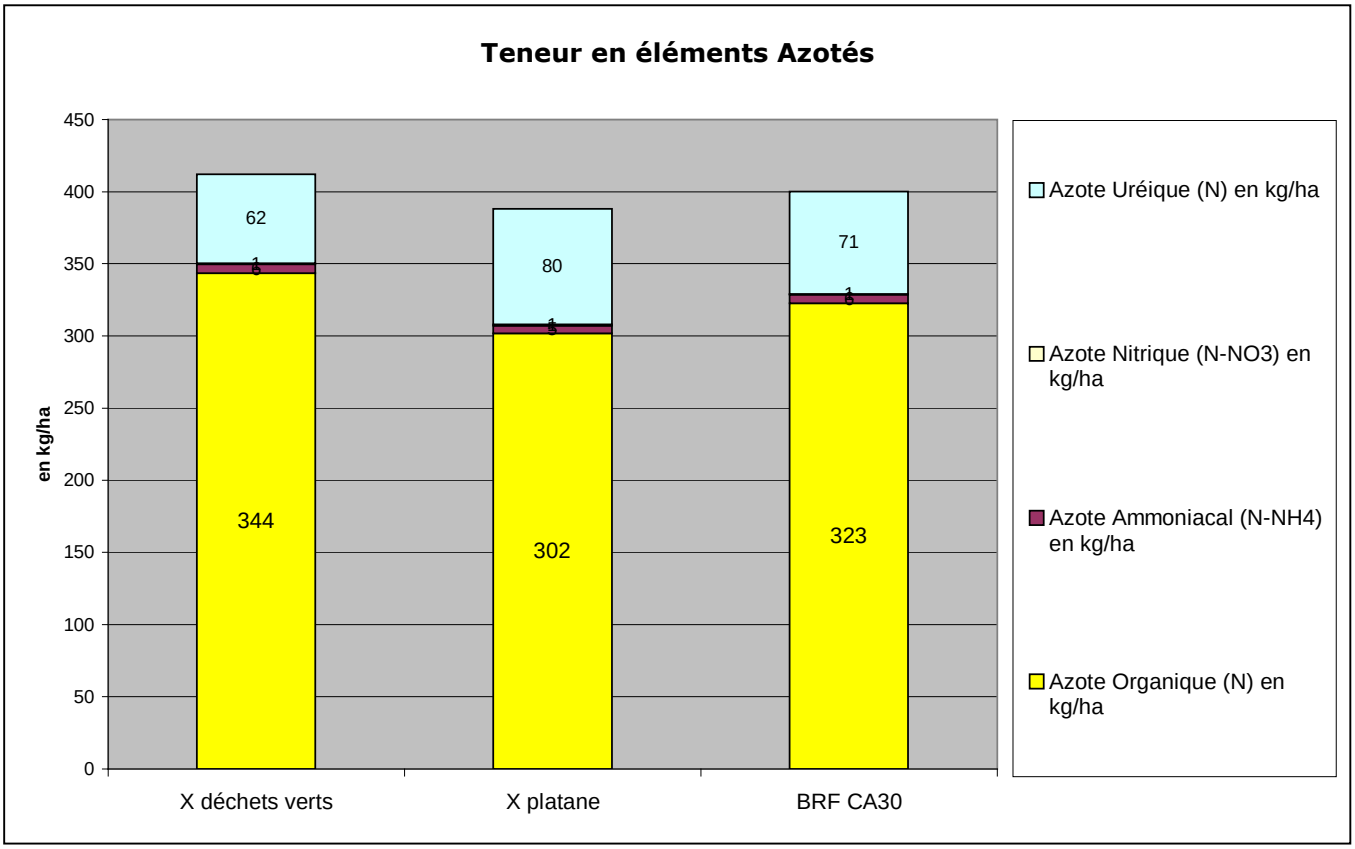
Le potentiel humique peut-être estimé à 13.2 tonnes pour un apport de 250 m3 de B.R.F. issu du broyage d'environ 62 tonnes de déchets verts et à 18.0 tonnes pour le même volume de B.R.F. issu du broyage de près de 71 tonnes de branches de platanes (annexe 7).

La teneur en éléments fertilisants

Un apport de 250 m^3/ha de B.R.F. correspond à une teneur moyenne en azote de **400 kg d'azote**. Environ **80 %** est sous **forme organique**. La part de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal est inférieure à 2 %. L'azote uréique représente le solde, soit environ 18%.

Les sources de B.R.F., déchets verts et platane ont des teneurs assez proches en azote.

Graphe 3 : teneurs en azote des B.R.F. utilisés



La **teneur moyenne** des B.R.F. utilisés est de **144 kg/ha de phosphore** et de **260 kg/ha de potassium**. D'importantes variations sont à noter entre les échantillons ayant une même origine et entre les origines « déchets verts » et « platane » (annexe 8). Les B.R.F. issus de **déchets verts** ont une **teneur plus faible en phosphore** mais **plus importante en potassium.**

Les traces métalliques

Seule la teneur en **plomb** a été mesurée. Les valeurs oscillant entre 5.69 et 20.3 mg/kg pour les échantillons « déchets verts » et inférieures à 1.8 mg/kg pour les échantillons « platane », les B.R.F. sont **conformes** à la **norme NFU 44-051.**

IV Synthèse des résultats obtenus lors de trois années d'expérimentions

Site 2

Pascal Roux - Saint-Hilaire de Brethmas

Le protocole expérimental

Situation géographique

La parcelle de Pascal Roux se situe sur la commune de Saint-Hilaire de Brethmas, à côté d'Alès, au Nord du département du Gard annexe 1.

Le sol

Le sol est composé d'**alluvions du Gardon** (rivière) et ses principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous suite à une analyse de sol réalisée avant la mise en place de l'essai le 12/11/2008.

Bilan de fertilité

Tableau 8 : bilan de fertilité physique

Modalités	Texture	Teneur en argile	Réserve utile	Matière organique	pH (KCL)
Témoin	Limon sablo-argileux	9.7 %	44 mm	3.32%	7.5
BRF		10.5%	45 mm	3.67%	7.6
Analyse statistique *		*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'activité biologique est faible.

Tableau 9 : bilan de fertilité chimique

		Teneur en mg/kg			
Modalités	CEC * (me/kg)	P205	K2O	MgO	CaO
Témoin	85.3 faible	1 164 très forte	233 forte	128 normale	6 143 très forte
BRF	95.7 faible	1 214 très forte	214 forte	125 normale	6 289 très forte
Analyse statistique	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*

*CEC: Capacité d'Echange Cationique

La teneur des oligo-éléments est considérée comme normale.

Dispositif expérimental

Essai blocs à 3 répétitions, parcelles élémentaires de 40 m² (annexe 9).

Modalités

Le test est constitué de trois modalités :

- **témoin** (sans apport de BRF), modalité représentant la pratique de l'agriculteur,
- **BRF incorporé** (250 m^3/ha),
- **BRF incorporé** (125 m^3/ha), suivi d'un épandage de **BRF paillage** en cours de culture (125 m^3/ha).

Mise en place des modalités :

Tableau 10 : les différentes modalités comparées au témoin

	BRF incorporé	BRF incorporé + BRF paillage incorporé	
Origine	ECOVAL	ECOVAL	Clemençon
Type	Déchets verts	Déchets verts	Platane (Saint-Cômes)
	frais	frais	Pré-composté (9 mois)
Dose en m^3/ha	250	125	125
Dose en t/ha	61	31	31
Epandage	24/11/2008	24/11/2008	06/05/2009
Incorporation passage cultivateur	28/11/2008	28/11/2008	02/11/2009
Paillage			06/05/2009

Photographie 1 : paillage de B.R.F. sur culture de pomme de terre

Suivis cultural 2009-2011

	2009	2010	2011
Période	A ---> Jt	N ----------->Jt	F -------->A
Culture	Pomme de terre	Blé tendre	Blé tendre

Cycle cultural : annexe 10

Résultats et observations

Bilan de fertilité du sol

Les **analyses de sol** réalisées à l'issue des **trois années d'expérimentation** donnent des indications sur les conséquences d'un apport de B.R.F. sur les propriétés du sol.

Fertilité physique

La réserve hydrique des sols

Parmi les nombreux bénéfices attendus suite à un apport de B.R.F., figure l'augmentation de la réserve hydrique des sols. La réserve en eau utile (R.U.) d'un sol est la différence entre la teneur en eau du sol à sa capacité de rétention (eau retenue par un sol ressuyé) et sa teneur en eau au point de flétrissement (eau restant dans le sol alors que les plantes flétrissement). Ces teneurs exprimées en grammes d'eau pour 1 000 g de terre, sont déterminées au laboratoire grâce à la mesure du pF 2.8 et du pF 4.2. Le pF est le logarithme de la force de rétention de l'eau par le sol. A la capacité de rétention (pF 2.8), cette force de rétention correspond à 1/3 d'atmosphère. Au point de flétrissement (pF 4.2), la force de rétention correspond à 16 atmosphères.

Tableau 11 : réserve utile

Modalités	Réserve utile en mm	Analyse statistique *
Témoin	43.7	*non significatif*
BRF incorporé	43.7	
BRF incorporé + paillage incorporé	45.3	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

La **réserve utile du sol est restée identique** suite à un apport de B.R.F. incorporé. Elle a été légèrement augmentée suite aux apports successifs de B.R.F. incorporé et de B.R.F. mis en paillage puis incorporé. La différence observée n'est pas statistiquement significative.

L'état organique du sol

Le rapport C/N renseigne sur la richesse en de l'humus, en azote et sur l'activité biologique du milieu.

Tableau 12 : état organique

Modalités	Matière organique en g/kg	Analyse statistique *	C/N	Analyse statistique *
Témoin	29.9	*non significatif*	10.6	*non significatif*
BRF incorporé	29.3		9.6	
BRF incorporé + paillage incorporé	30.1		10.3	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les **apports de B.R.F**. **n'ont très peu influé la quantité de matière organique** présente dans le sol.

Les **rapport C/N** des trois modalités sont **très proches**. Pour le témoin, le rapport passe de 12.2 en 2008 à 10.6 en 2011, le taux de C organique ayant chuté de plus de 15% en 3 ans. Les apports de « B.R.F. » n'ont pas limité cette érosion.

Le pH

Il est redouté une acidification du sol suite à un apport de B.R.F. qui occasionnerait une perte de nutriments.

Tableau 13 : pH

Modalités	pH eau	Analyse statistique *	pH KCL	Analyse statistique *
Témoin	8.0	*non significatif*	7.6	*non significatif*
BRF incorporé	8.0		7.7	
BRF incorporé + paillage incorporé	8.0		7.7	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les valeurs sont très proches, **l'apport de B.R.F. n'a pas induit une acidification** du sol.

Fertilité chimique

Le réservoir et les équilibres

Le sol est un réservoir d'éléments fertilisants qui se juge aussi bien en quantité (concentration de chaque élément) qu'en qualité (équilibre entre les éléments).

La capacité d'échange cationique (C.E.C.)

La C.E.C. indique la capacité d'un sol à stocker les cations (Ca, K, Mg, Na, H). Elle varie selon le pourcentage d'argile du sol et de sa teneur en humus.

Tableau 14 : capacité d'échange cationique

Modalités	C.E.C. en me/kg	Analyse statistique *
Témoin	68.3	*non significatif*
BRF incorporé	70.0	
BRF incorporé + paillage incorporé	73.9	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'apport de 250 m^3/ha de B.R.F. correspond à un apport d'humus stable de 18 t/ha. Une **amélioration de la C.E.C.** est attendue. Elle **n'est pas significative**, quelque soit la stratégie d'apport.

La C.E.C. était jugée « faible » lors de la première analyse en 2008. Le taux de saturation de la C.E.C. qui indique le remplissage de ce réservoir d'éléments nutritifs doit être supérieur à 80%. Pour les trois modalités, il dépasse les 300%.

Concentration des éléments minéraux

Tableau 15 : concentration des éléments minéraux

Modalités	P2O5	Analyse statistique *	K2O	A S	MgO	A S	CaO	A S
Témoin	783	*non significatif*	220	*N S*	125	*N S*	6161	*N S*
BRF incorporé	809		228		130		6290	
BRF incorporé + paillage incorporé	826		220		127		6191	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les apports de B.R.F. n'ont pas modifié la concentration des éléments minéraux utilisables par les cultures.

La concentration en oligo-éléments, Cu, Zn, Mn, Fe, n'a pas changé. Les ratios d'équilibre entre éléments, K2O/MgO, CaO/K2O, MO/Cu, P2O5/Zn, CaO/MgO n'ont pas évolué suite aux apports de B.R.F.

La rétention d'eau dans la couche superficielle du sol

Des sondes « watermark » ont été installées sur chaque parcelle élémentaire selon le protocole détaillé en annexe 11. Un relevé hebdomadaire a permis de suivre l'évolution de la teneur en eau des différentes modalités des différentes cultures annexe 12.

Cette parcelle a **la réserve utile la plus faible** du dispositif expérimental , elle n'est pas irriguée.

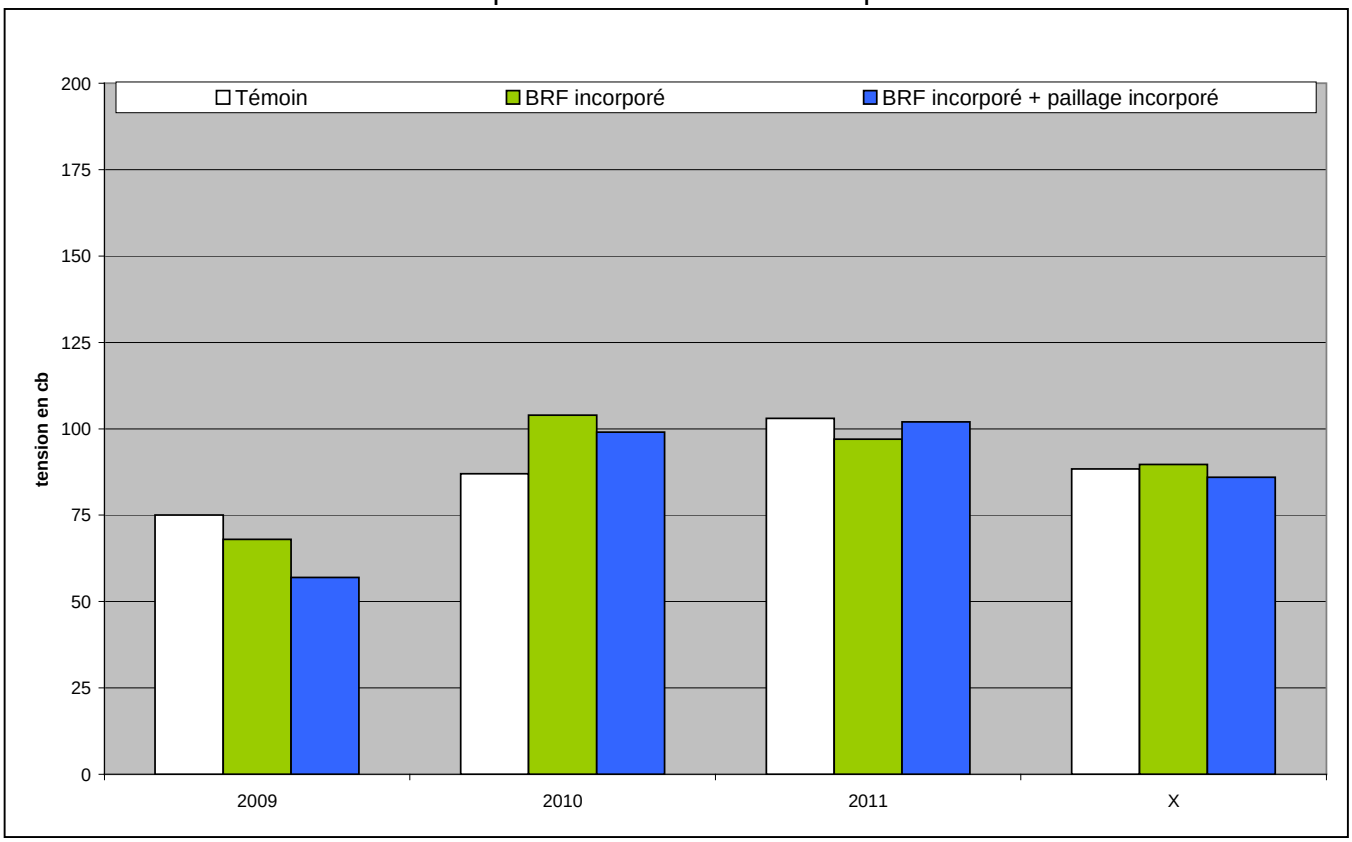
Tableau 16 : tensions moyennes annuelles

Modalités	2009	Analyse statistique *	2010	A S	2011	A S
Témoin	75	*non significatif*	87	*N S*	103	*N S*
BRF incorporé	68		104		97	
BRF incorporé + paillage incorporé	57		99		102	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les **tensions moyennes** mesurées sur les trois modalités sont **très proches**. La première année de suivi, les valeurs sont plus basses suite à un apport de B.R.F. Cette tendance s'inverse l'année suivante. Les différences disparaissent la troisième année.

Graphe 4 : suivi tensiomètrique

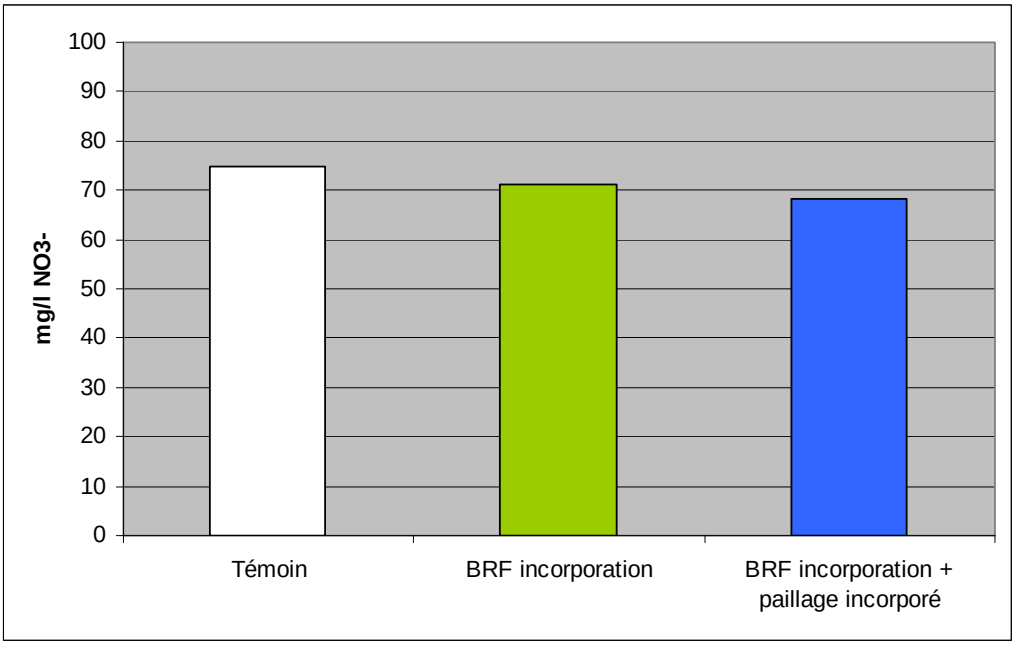


Etat azoté du sol

Les 250 m^3/ha apportés représentent une importante quantité d'humus (18 t/ha) et contiennent prés de 400 unités d'azote. Quelles ont été les répercussions sur l'état azoté du sol ?
Selon la méthode d'analyse rapide nitrate (Nitratest), le statut azoté du sol a été évalué à différentes périodes selon le protocole détaillé en annexe 13. Le détail du suivi se trouve à l'annexe 14.

Il apparaît que **les apports de B.R.F. n'ont pas modifié considérable la teneur en azote du sol**. Durant les trois années de suivi réalisées sur trois cultures différentes (pomme de terre, blé et blé), les courbes des deux modalités « B.R.F. » sont très proches. Il n' y a pas eu de restitution des 400 unités d'azote contenues dans le B.R.F. La gestion de la fertilisation de la culture n' a pas été affectée. Le risque de lixiviation du nitrate redouté a été écarté.

Graphe 5 : teneur moyenne en nitrate du sol



Etat azoté de la plante

Le CTIFL a développé une méthode de gestion de l'azote en cultures légumières : **PILazo**. Inspirée de la méthode Jubil utilisée en grandes cultures, cette méthode repose sur un bilan azote simplifié (mesure des reliquats, évaluation de la minéralisation) et des tests de présence de nitrate dans la plante en cours de culture. La méthode demande l'établissement de la courbe critique (dite de référence) décrivant à tout moment du cycle la teneur minimale en azote total qui autorise la meilleure croissance en biomasse sèche.

En se référant à cette courbe il est ensuite possible de poser un diagnostic sur l'état azoté d'une culture. Pour une nutrition optimale la teneur en azote total des plantes doit se situer sur la courbe de référence. Il faut ensuite déterminer la partie de la plante (le plus souvent les pétioles) sur laquelle est mesuré le taux de nitrate à l'aide des bandelettes colorimétriques. Pour que cette mesure soit susceptible d'être un indicateur de nutrition azotée, il convient de définir des valeurs seuils.

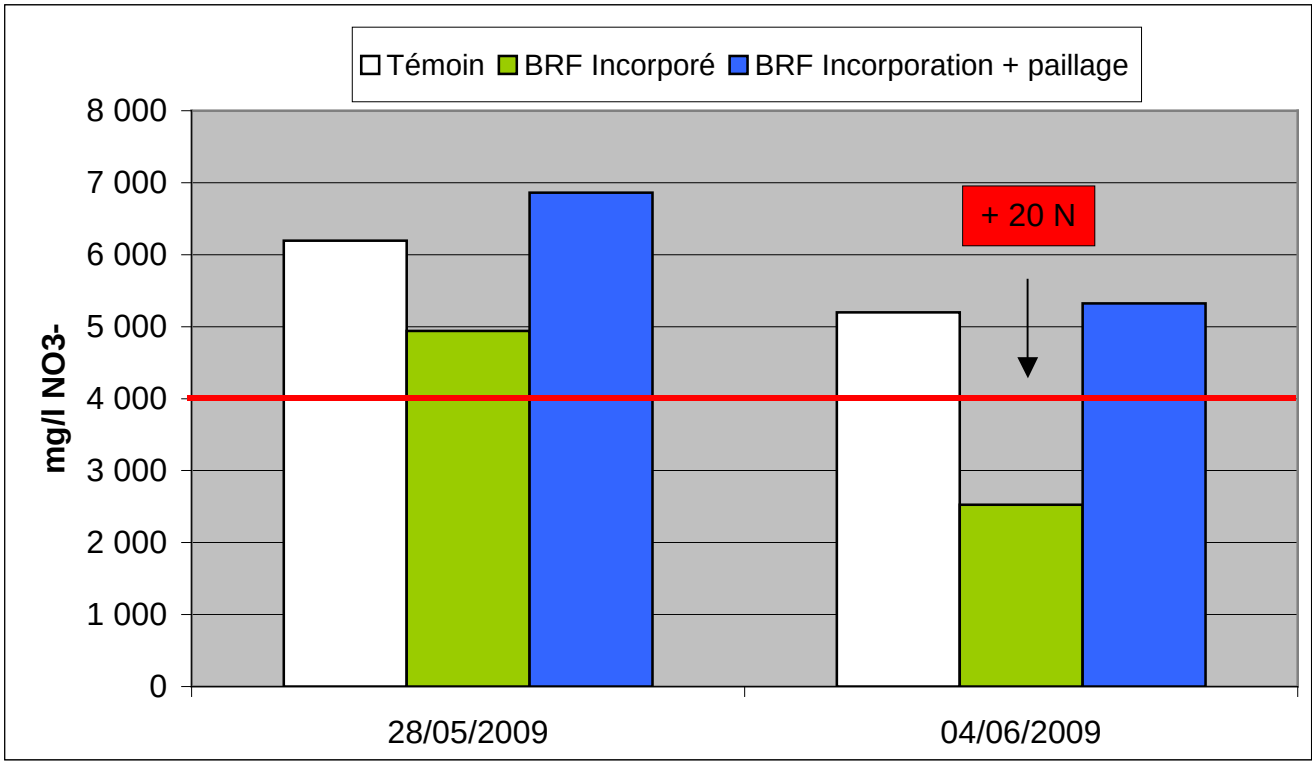
Ce point nécessite la mise en place d'essais. Les données doivent enfin être validées par un réseau d'expérimentations (stations régionales, chambres d'agriculture ...) dans les différentes conditions pédo-climatiques, agronomiques et variétales. Une grille de décision qui lie le résultat du test nitrate à un conseil de fertilisation est alors proposé aux producteurs. La grille de décision de la culture de pomme de terre est disponible. Le principe de cette méthode est décrit en annexe 15.

Les mesures effectuées lors de la première année de suivi sur une culture de pomme de terre a permis de vérifier les répercussions d'un apport de B.R.F. sur la gestion de la fertilisation azotée.

Fin mai, la modalité « **BRF incorporé** » accuse une teneur en nitrate plus faible que le témoin, mais la valeur est supérieure au seuil de déclenchement d'un apport azoté. Début juin, au stade tubérisation, la valeur descend au dessous de 4 000 mg/l NO3-. **La faim en azote est avérée**. Un **apport de 20 kg/ha d'azote** sous forme de nitrate de chaux est réalisé.

La modalité « BRF incorporé + paillage » a des valeurs proches de celles du témoin, ne justifiant pas un apport complémentaire en azote.

Graphe 6 : teneur en nitrate de la plante



L'état azoté de la culture de blé implantée lors de la seconde année a pu être mesuré avec un **Ntester** bien que la méthode ne soit pas calée pour le blé tendre (annexe 16). Les résultats sont consignés dans l 'annexe 17. **Aucune faim d'azote** n'a été décelée. Aucun apport azoté complémentaire n'a été effectué.

Incidences des apports de B.R.F.

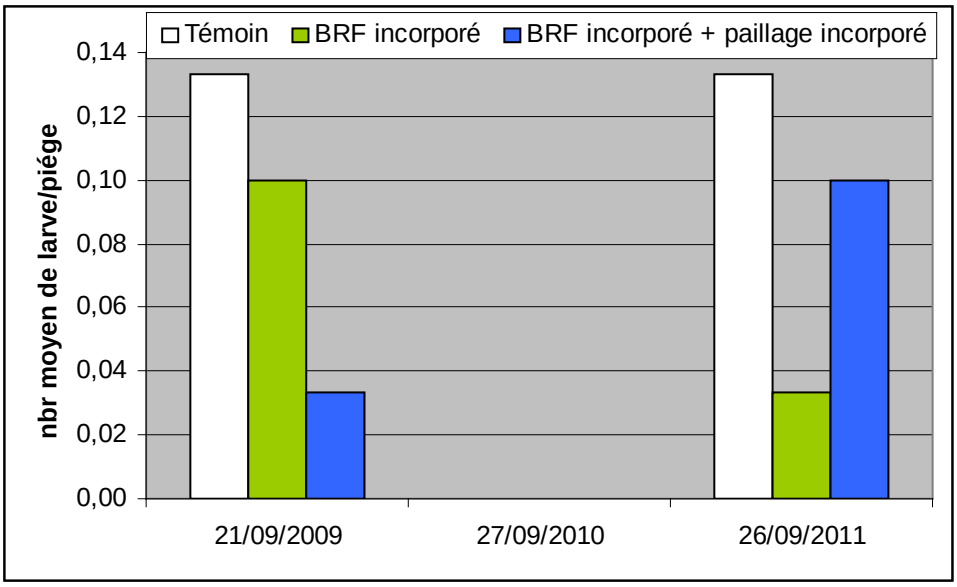
Sur les populations de taupins

La taupin occasionne d'importants dégâts dans le Gard. Il affectionne les sols riches en matière organique. Un apport de B.R.F. peut-il contribuer à augmenter la pression de ce ravageur ?

L'importance de la pression de ce bio-agresseur est estimée à partir du piégeage des larves selon le protocole proposé par l'ACTA (annexe 18) et à partir du piégeage des adultes avec des phéromones (annexe 19).

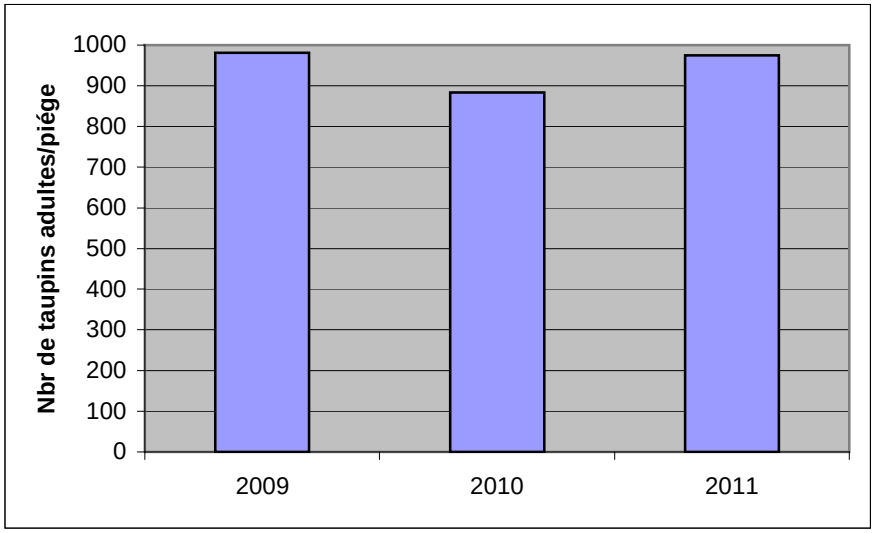
Les **apports de B.R.F. n'ont pas provoqué une augmentation du nombre de larves de taupin**. Les piégeages de larves effectués à l'automne indiquent des valeurs inférieures au « témoin ». En 2010, des larves mortes ont été retrouvées sur certaines des parcelles élémentaires des deux modalités « B.R.F. ».

Graphe 7 : nombre moyen de larve de taupin par piége



La **pression** « taupin » de la parcelle d'expérimentation a été évaluée par un suivi des populations de taupins adultes capturés avec un piége à phéromone.

Graphe 8 : nombre de taupins adultes/piége



Il n'y a pas eu ne augmentation de la population de taupins.

Sur les populations de limaces

Des piégeages de larves ont été effectués selon le protocole proposée par la société De Sangosse (annexe 19) du 20 mars au 27 juillet 2009. Les piéges étaient relevés une fois par semaine le matin. **Aucune limace n'a été capturée.**

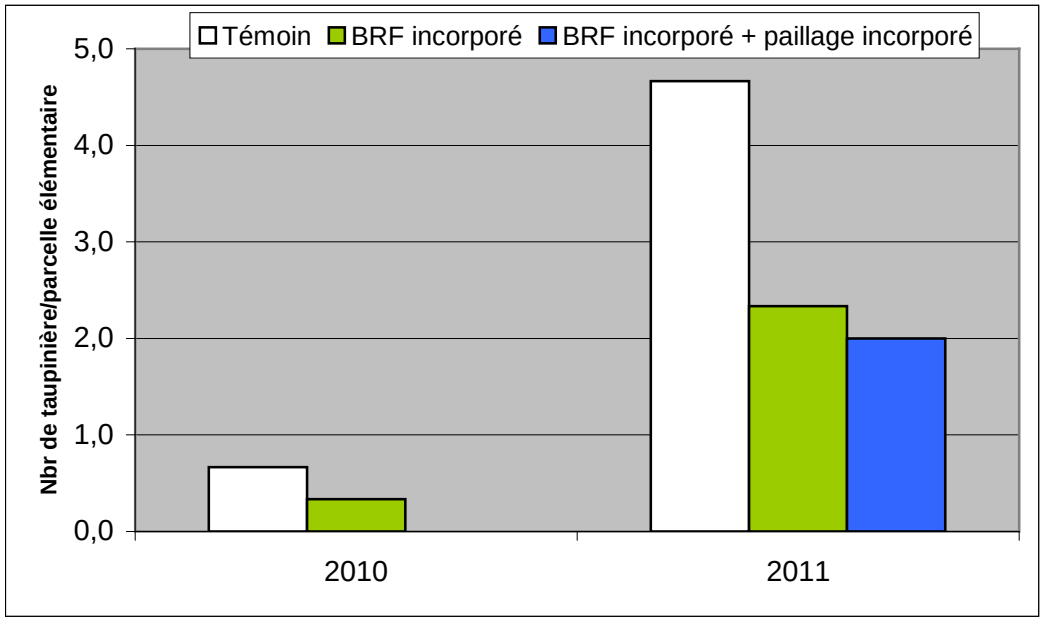
Sur les populations de taupes

Début avril 2010, des taupinières ont été observées sur la parcelle d'essai.

Photographie 2 : taupinière

Les comptages effectués en 2010 et 2011 permettent de vérifier qu'un **apport de B.R.F. n'est pas à l'origine de la présence de taupinière**. La différence n'est pas significative, mais leur nombre est plus limité sur une parcelle ayant bénéficié d'un apport de B.R.F.

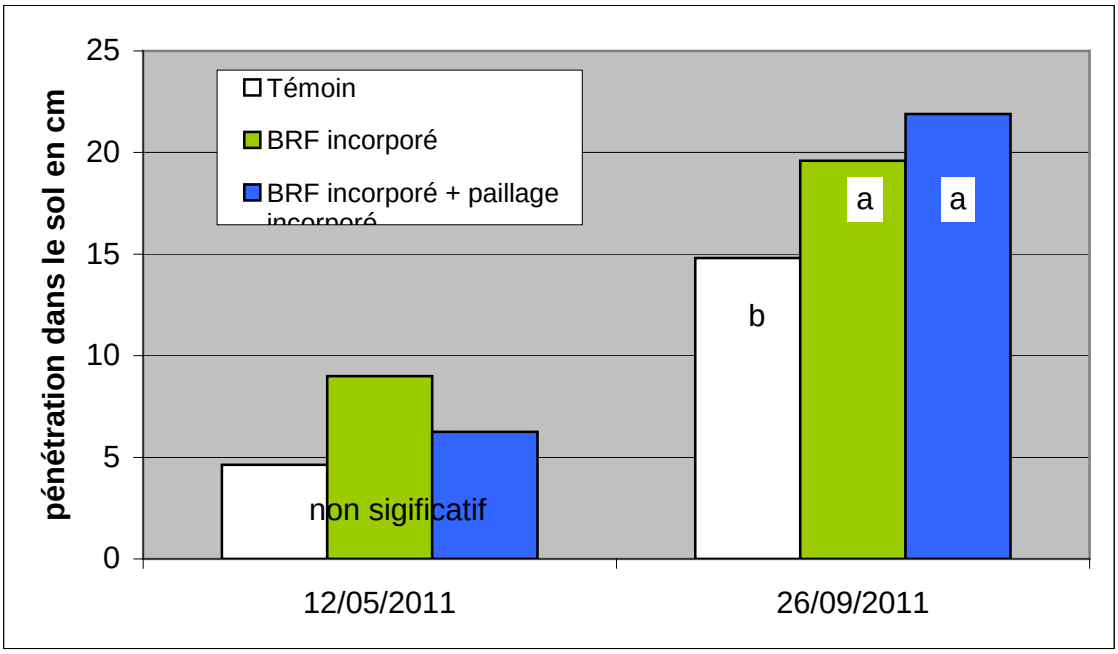
Graphe 9 : nombre de taupinières/parcelle élémentaire



Sur la compaction du sol

A l'aide d'un « contrôleur compacteur » (annexe 21), il a été possible de quantifier effet sur la compaction du sol d'un apport de B.R.F.

Graphe 10 : mesure de la compaction suite à un apport de B.R.F.



L'apport de B.R.F. a permis de **limiter la compaction du sol**. Les mesures réalisées permettent de quantifier un effet du B.R.F qui est souvent observé mais difficilement mesurable. La **structure du sol est améliorée**, le travail du sol aussi.

Sur la température du sol

Des sondes de température Tinytag ont été implantées sur une des trois répétitions de chaque modalité selon la protocole en annexe 22. La température du sol a été mesurée du 31 mai au 21 juillet 2009 et du 6 avril au 27 mai 2010.

Tableau 17 : températures moyenne du sol

	2009		2010	
Modalités	Température en °C	Variation/témoin en °C	Température en °C	Température en °C
Témoin	24.01		11.89	
BRF incorporé	24.32	+ 0.31	11.89	+ 0.01
BRF incorporé + paillage incorporé	24.04	+ 0.03	11.81	- 0.07

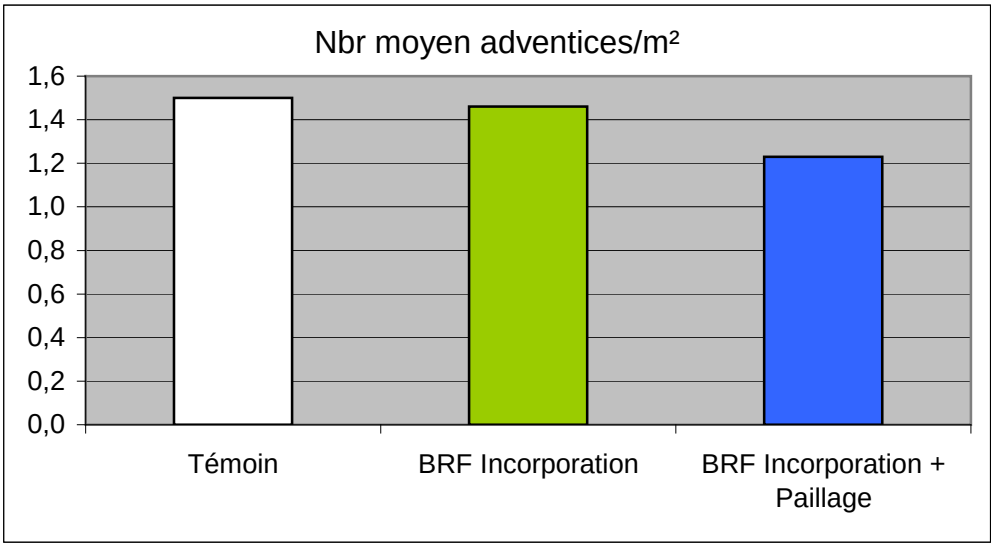
Le degré de précision des sondes est de 0.35 °C. **Les différences mesurées ne sont pas significatives**.

L'analyse des données horaires moyennées fait apparaître en 2009 des différences importantes. Les valeurs enregistrées de la modalité « BRF incorporé » sont supérieures aux valeurs du témoin de 0h00 à 14h00 et inférieures au témoin de 17h00 à 22h00. Les valeurs de la modalité « BRF incorporé + paillage » sont inférieures aux données témoin de 11h00 à 18h00. Le B.R.F. qui a cette époque est mis pour la moitié de la dose sous forme de paillage semble écrêter les variations de températures du sol. Ces différences s'estompent un an plus tard. Les valeurs sont très proches du témoin (annexe 23).

Sur le contrôle des adventices

Une notation du nombre d'adventices a été réalisé le 28 juillet 2009.

Graphe 11 : salissement des parcelles



L'application de B.R.F. en paillage avant la levée de la culture de pomme de terre a permis de limiter le salissement de la culture. La modalité « BRF incorporé » montre une pression des adventices identique au témoin. Le dispositif expérimental ne permet pas de faire ressortir des différences significatives.

Tableau 18 : nombre moyen d'adventices

Modalités	Nbr moyen d'adventices/m²	Analyse statistique *
Témoin	1.50	*non significatif*
BRF incorporé	1.46	
BRF incorporé+ paillage	1.23	

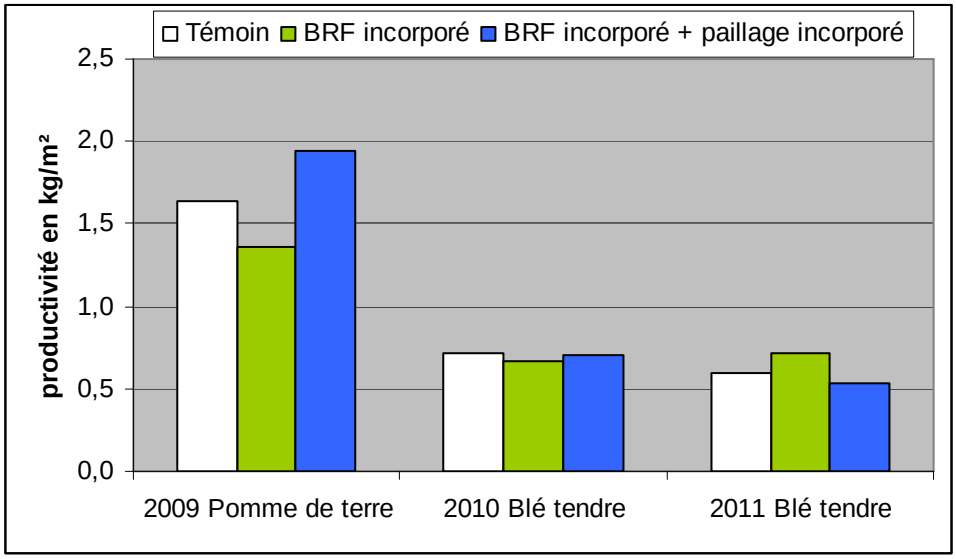
* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Résultats agronomiques

Productivité

La productivité de chaque culture a été mesurée.

Graphe 12 : productivité



Afin de faciliter l'interprétation et la lecture des résultats, la productivité de chaque culture est cumulée. Ainsi, la production de pomme de terre de 2009 est additionnée à la production de grain de blé tendre de 2010 et de 2011.

Tableau 19 : productivité

Modalités	Production en kg/m²	Analyse statistique *
Témoin	2.96	*non significatif*
BRF incorporé	2.74	
BRF incorporé + paillage	3.18	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Après trois années de suivi, il apparaît que **les apports de B.R.F. n'ont qu'un impact limité sur la productivité** de la parcelle. On note cependant une légère amélioration avec la modalité « BRF incorporé + paillage incorporé » et une légère diminution avec la modalité « BRF incorporé ». Une lecture plus attentive des résultats montrent que la faim d'azote enregistrée sur la culture de pomme de terre à pénalisé la productivité de la parcelle. La compensation en azote est s'avère à la fois trop tardive et sûrement insuffisante (apport de 20 kg/ha N).

Aspects qualitatifs

Les apports de B.R.F. ont-ils eu un impact sur la qualité des produits récoltés ?
La première année, il n'a pas eu de différence au niveau des tubercules de pomme de terre récoltés. Les pourcentages de déchets des différentes modalités sont très proches.
La seconde année, les grains de blé tendre avaient un taux de protéines et un poids spécifique comparables.
La dernière année, malgré que les différences ne soient pas significatives, une légère amélioration de la qualité des grains de la modalité « BRF incorporé »est à noter.
Globalement, les apports de B.R.F. n'ont eu qu'un **impact limité sur la qualité des produits** récoltés.

Conclusions

Au terme de ces trois années d'expérimentation sur cette parcelle qui ne bénéficie pas d'irrigation, il ressort suite aux apports de B.R.F. que :

- **la fertilité du sol** n'a été peu impacté, l'amélioration de la Réserve Utile (R.U.) en eau du sol est très limitée, l'état organique du sol n'a peu évolué, il n'a pas eu d'acidification du sol, la Capacité d'Echanges Cationique (C.E.C.) est légèrement améliorée, la concentration en éléments minéraux utilisables par les cultures n'est pas modifiée.
- **l'alimentation hydrique** des différentes cultures n'a été que légèrement améliorée la première année.
- **l'alimentation azotée** des différentes cultures n'a pas été influencé à l'exception de la faim d'azote enregistrée la première année sur la culture de pomme de terre suite à un apport certainement trop conséquent de B.R.F. Les 400 unités d'azote contenues dans les 250 m^3/ha de B.R.F. apportés n'ont pas perturbé la gestion de la fertilisation des cultures et n'ont pas été exposé à la lixiviation.
- **les incidences sur les bio-agresseurs** (taupins, taupes, limaces) ont été nulles. Le contrôle des adventices a été légèrement amélioré par un paillage de B.R.F. sur la culture de pomme de terre.
- **la compaction du sol** a été limitée.
- **la productivité** est globalement similaire, la faim d'azote signalée sur la première année a été pénalisante.
- **la qualité des produits** n'a pas été réellement modifiée.

Site 3

David Nougier - Arpaillargues - Uzége

Le protocole expérimental

Situation géographique

La parcelle de David Nougier se situe sur la commune d'Arpaillargues à côté d'Uzès au Centre du département du Gard annexe 1.

Le sol

Le sol a une texture argile limono-sableuse. Ces principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous suite à une analyse de sol réalisée avant la mise en place de l'essai le 18/03/2009.

Bilan de fertilité

Tableau 20 : bilan de fertilité physique

Modalités	Texture	Teneur en argile	Réserve utile	Matière organique	pH (KCL)
Témoin	Argile limono-sableuse	36.9 %	77 mm	1.87 %	7.5
BRF		36.5 %	76 mm	1.91 %	7.5
Analyse statistique *		*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'activité biologique est faible.

Tableau 21 : bilan de fertilité chimique

		Teneur en mg/kg			
Modalités	CEC * (me/kg)	P205	K2O	MgO	CaO
Témoin	212 élevée	853 très forte	632 forte	261 normale	11 821 très forte
BRF	206 élevée	561 très forte	396 forte	235 normale	11 585 très forte
	non significatif	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*

*CEC: Capacité d'Echange Cationique

En ce qui concerne les oligo-éléments les teneurs en **fer** et en **zinc** sont considérées comme faibles.

Dispositif expérimental
Essai blocs à 3 répétitions, parcelles élémentaires de 24 m² (annexe 24).

Modalités
Le test est constitué de deux modalités :
- **témoin** (sans apport de BRF), modalité représentant la pratique de l'agriculteur,
- **BRF paillage** (250 m^3/ha), épandu sur le rang (1 m de large).

Mise en place des modalités :

Tableau 22 : les différentes modalités comparées au témoin

	BRF paillage
Origine	Clemençon
Type	Platane (Domazan)
	Frais
Dose en m^3/ha	250
Dose en t/ha	66
Epandage	18/03/2009
Paillage	18/03/2009
Incorporation	

Suivis cultural 2009-2011
Culture : asperge
Cycle cultural : annexe 25
Plantation : 17/03/2008
Variété : Grolim (Limseed)
Densité : 17 200 plts/ha
Ecartements :
- entre rangs : 2.40 m
- entre plants : 0.25 m (4 griffes/ml)

Irrigation : **non irrigué**

Résultats et observations

Bilan de fertilité du sol
Les **analyses de sol** réalisées à l'issue des **trois années d'expérimentation** donnent des indications sur les conséquences d'un apport de B.R.F. sur les propriétés du sol.

Fertilité physique
La réserve hydrique des sols
Parmi les nombreux bénéfices attendus suite à un apport de B.R.F., figure l'augmentation de la réserve hydrique des sols. La réserve en eau utile (R.U.) d'un sol est la différence entre la teneur en eau du sol à sa capacité de rétention (eau retenue par un sol ressuyé) et sa teneur en eau au point de flétrissement (eau restant dans le sol alors que les plantes flétrissement). Ces teneurs exprimées en grammes d'eau pour 1 000 g de terre, sont déterminées au laboratoire grâce à la mesure du pF 2.8 et du pF 4.2. Le pF est le logarithme de la force de rétention de l'eau par le sol.
A la capacité de rétention (pF 2.8), cette force de rétention correspond à 1/3 d'atmosphère. Au point de flétrissement (pF 4.2), la force de rétention correspond à 16 atmosphères.

Tableau 23 réserve utile

Modalités	Réserve utile en mm	Analyse statistique *
Témoin	73	*non significatif*
BRF paillage	73	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

La **réserve utile du sol est restée identique** suite à un apport de B.R.F. mis en paillage.

L'état organique du sol

Le rapport C/N renseigne sur la richesse en de l'humus, en azote et sur l'activité biologique du milieu.

Tableau 24 : état organique

Modalités	Matière organique en g/kg	Analyse statistique *	C/N	Analyse statistique *
Témoin	17.4	*non significatif*	9.7	*non significatif*
BRF paillage	17.8		9.8	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'a**pport de B.R.F**. **n'a très peu influé la quantité de matière organique** présente dans le sol.

Les **rapport C/N** des deux modalités sont **très proches**. Pour le témoin, le rapport passe de 10.8 en 2009 à 9.7 en 2011, le taux de C organique ayant chuté de plus de 15% en 3 ans. L'apport de « B.R.F. » a très légèrement ralenti cette dégradation.

Le pH

Il est redouté une acidification du sol suite à un apport de B.R.F. qui occasionnerait une perte de nutriments.

Tableau 25 : pH

Modalités	pH eau	Analyse statistique *	pH KCL	Analyse statistique *
Témoin	7.9	*non significatif*	8.2	*non significatif*
BRF paillage	8.2		8.2	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les valeurs sont très proches, **l'apport de B.R.F. n'a pas induit une acidification** du sol.

Fertilité chimique

Le réservoir et les équilibres

Le sol est un réservoir d'éléments fertilisants qui se juge aussi bien en quantité (concentration de chaque élément) qu'en qualité (équilibre entre les éléments).

La capacité d'échange cationique (C.E.C.)

La C.E.C. indique la capacité d'un sol à stocker les cations (Ca, K, Mg, Na, H). Elle varie selon le pourcentage d'argile du sol et de sa teneur en humus.

Tableau 26 : capacité d'échange cationique

Modalités	C.E.C. en me/kg	Analyse statistique *
Témoin	177	*non significatif*
BRF paillage	181	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'apport de 250 m^3/ha de B.R.F. correspond à un apport d'humus stable de 18 t/ha. Une amélioration de la C.E.C. est attendue. Elle n'est pas significative.

La C.E.C. était jugée « forte »lors de la première analyse en 2009. Le taux de saturation de la C.E.C. qui indique le remplissage de ce réservoir d'éléments nutritifs doit être supérieur à 80%. Pour les trois modalités, il dépasse les 200%.

Concentration des éléments minéraux

Tableau 27 : concentration des éléments minéraux

Modalités	P2O5	Analyse statistique *	K2O	AS	MgO	AS	CaO	AS
Témoin	265	*non significatif*	435	*N S*	247	*N S*	11023	*N S*
BRF paillage	322		455		249		10619	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les apports de B.R.F. n'ont pas modifié la concentration des éléments minéraux utilisables par les cultures.
La concentration en oligo-éléments, Cu, Zn, Mn, Fe, n'a pas changé.

Les ratios d'équilibre entre éléments, K2O/MgO, CaO/K2O, MO/Cu, P2O5/Zn, CaO/MgO ont peu évolué suite à l'apport de B.R.F.

Effets d'un apport de B.R.F. sur la qualité organique et biologique d'un sol

Le 7/10/2011 des prélèvements de sol ont été effectué afin de permettre au laboratoire Celesta-lab de préciser les effets d'un apport de B.R.F. sur le sol. Les analyses réalisées sont consignées à l' annexe 26.

Les principaux résultats sont synthétisés à annexe 27.
Xavier SALDUCCI, le directeur du laboratoire note que globalement, la parcelle présente un **potentiel de fertilité biologique et organique faible à moyen**.

Les principaux effets du B.R.F. sont :
- une tendance à **augmenter la MO libre du sol** (réserve à moyen terme et fertilité biologique) plus rapidement que la teneur en MO liée (humus du sol),
- d'**augmenter** la quantité de **biomasse microbienne** (vie du sol),
- d'**augmente**r la quantité de **carbone potentiellement minéralisable** (réserve énergétique du sol),
- de **limiter la disponibilité de l'azote**.

Sortie des turions

L'apport de B.R.F. a été effectué avant la sortie des turions d'asperge. **La sortie des turions a été retardée de quelques jours**. Le retard s'est estompé rapidement.

Tableau 28 : retard de sortie des turions

Modalités	Nbr moyen de turions/m²	Analyse statistique *
Témoin	1.7	a
BRF paillage	**1.0**	b

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Photographie 3 : retard de pousse

La rétention d'eau dans la couche superficielle du sol

Des sondes « watermark » ont été installées sur chaque parcelle élémentaire selon le protocole détaillé en annexe 11. Un relevé hebdomadaire a permis de suivre l'évolution de la teneur en eau des différentes modalités des différentes cultures annexe 28.

Cette parcelle a la **réserve utile la plus élevée** du dispositif expérimental. Elle n'est pas irriguée.

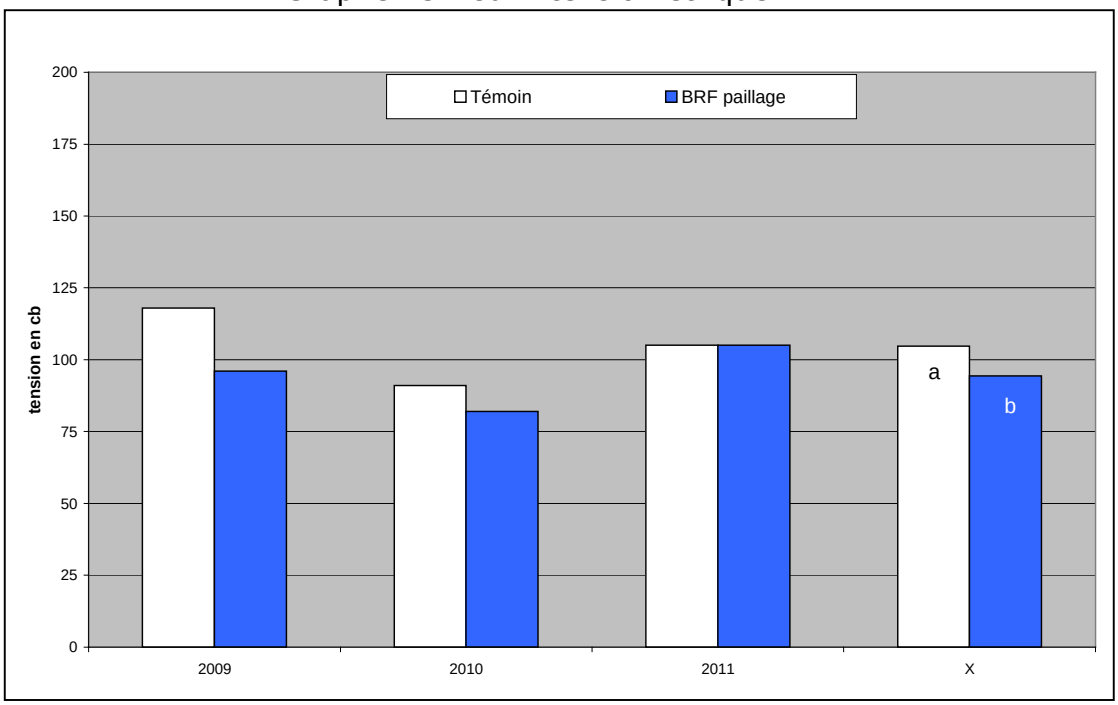
Tableau 29 : tensions moyennes annuelles

Modalités	2009	Analyse statistique *	2010	A S	2011	A S
Témoin	118	*non significatif*	91	*N S*	105	*N S*
BRF paillage	96		82		105	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les **tensions moyennes** mesurées sur les deux modalités sont **très proches**. La première année de suivi, les valeurs sont plus basses suite à un apport de B.R.F. Cette tendance se réduit l'année suivante. Les différences disparaissent la troisième année.

Graphe 13 : suivi tensiomètrique



En 2011, le dispositif expérimental a été renforcé avec la pose de sondes watermark à 30 centimètres de profondeur. Nous nous interrogions sur la possibilité des tensiométres posés à 15 cm de profondeur de traduire les conséquences d'un apport de B.R.F.

Les **tensions** deux modalités restent **très proches** (annexe 29) . Il est à noter l'inertie des valeurs qui correspond à la vitesse de descente de l'eau dans le sol. Ainsi les précipitations du 20 juillet 2011 n'ont eu qu'un impact limité à cette profondeur de sol, contrairement à l'horizon supérieur (15 cm) où les valeurs sont descendues sous la barre des 25 centibars.

Tableau 30 : tensions moyennes

Modalités	Tensions moyennes en centibars	Analyse statistique *
Témoin	105	a
BRF paillage	95	**b**

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Valorisation des précipitations

L'alimentation hydrique de l'asperge doit être réalisée de la fin de la récolte (fin mai), jusqu'à la fin de la phase d'absorption (fin août). Les cultures non-irriguées sont dépendantes des précipitations. En 2011, la parcelle d'essai a bénéficié de précipitations presque deux fois supérieures aux deux premières années d'essai. Dans ces conditions, un apport de B.R.F. est moins bien valorisé.

Tableau 31 : précipitations

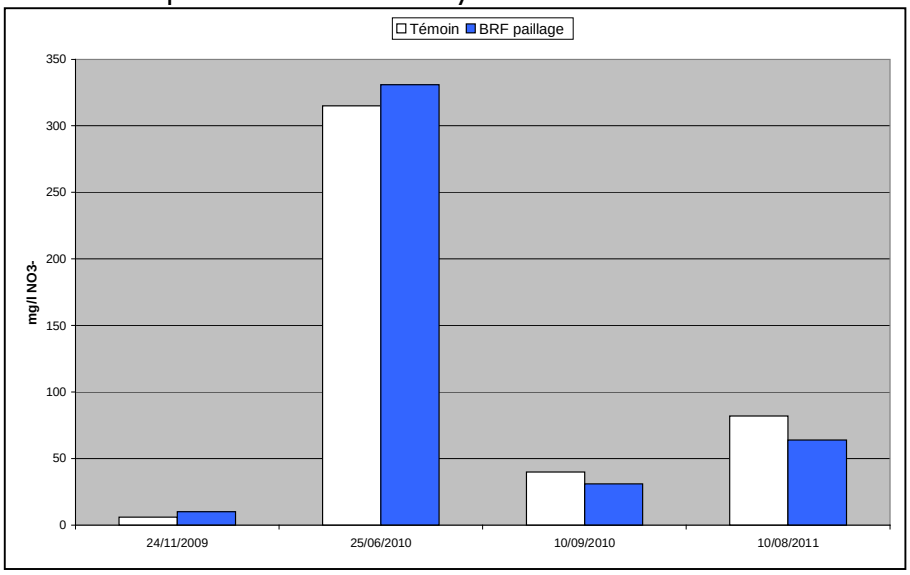
	Précipitations en mm		
Année	de juin à août	de septembre à novembre	Total
2009	**69**	105	174
2010	**69**	262	331
2011	**132**	195	327

Etat azoté du sol

Les 250 m^3/ha apportés représentent une importante quantité d'humus (18 t/ha) et contiennent prés de 400 unités d'azote. Quelles ont été les répercussions sur l'état azoté du sol ?
Selon la méthode d'analyse rapide nitrate (Nitratest), le statut azoté du sol a été évalué à différentes périodes selon le protocole détaillé en annexe 13.

Il apparaît que **les apports de B.R.F. n'ont pas modifié considérable la teneur en azote du sol**. Durant les trois années de suivi les courbes des deux modalités « B.R.F. » sont très proches. Les valeurs importantes mesurées en juin 2010 font suite à un apport d'engrais. Il n' y a pas eu de restitution des 400 unités d'azote contenues dans le B.R.F. La gestion de la fertilisation de la culture n' a pas été affectée. Le risque de lixiviation du nitrate redouté a été écarté.

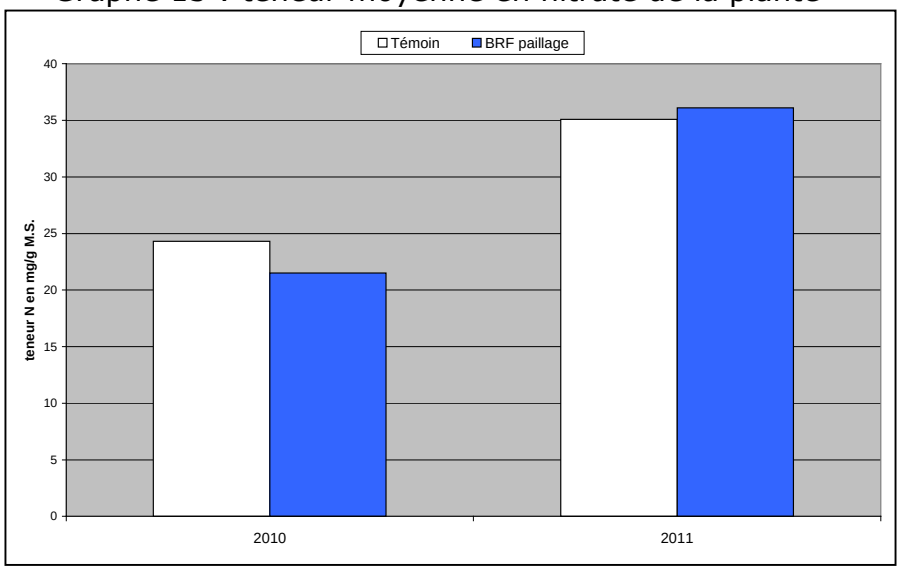
Graphe 14 : teneur moyenne en nitrate du sol



Etat azoté de la plante

La méthode **PILazo** n'ayant pas été développée pour la culture de l'asperge, nous avons réalisés des analyses foliaires en 2010 et 2011 selon le protocole détaillé en annexe 30.

Graphe 15 : teneur moyenne en nitrate de la plante



En 2010, un **léger déficit en azote** susceptible de gêner l'absorption des éléments majeurs est noté. En 2011, il a disparu.
Les autres **éléments majeurs** ainsi que les **oligo-éléments** ont des **teneurs très proches** (annexe 31).

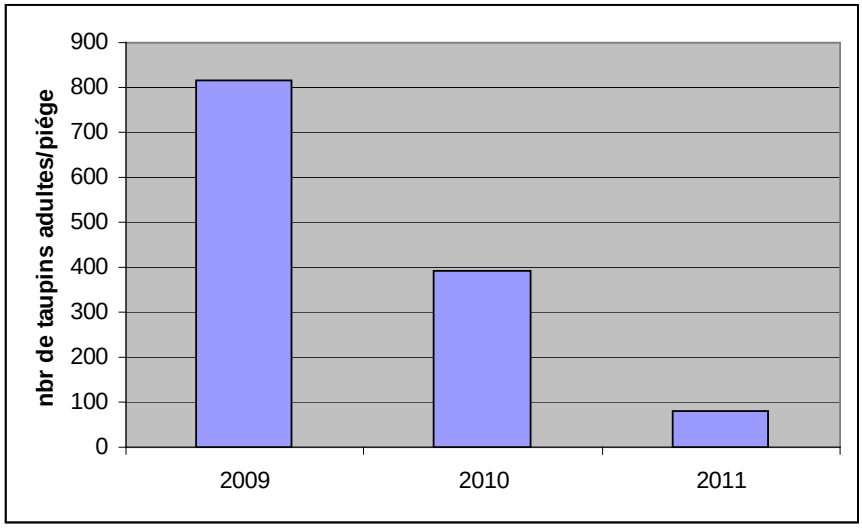
Incidences des apports de B.R.F.

Sur les populations de taupins

La taupin occasionne d'importants dégâts dans le Gard. Il affectionne les sols riches en matière organique. Un apport de B.R.F. peut-il contribuer à augmenter la pression de ce ravageur ?

L'importance de la pression de ce bio-agresseur est estimée à partir un suivi des populations de taupins adultes capturés avec un piége à phéromone (annexe 18).
Il n'y a pas eu une augmentation de la population de taupins.

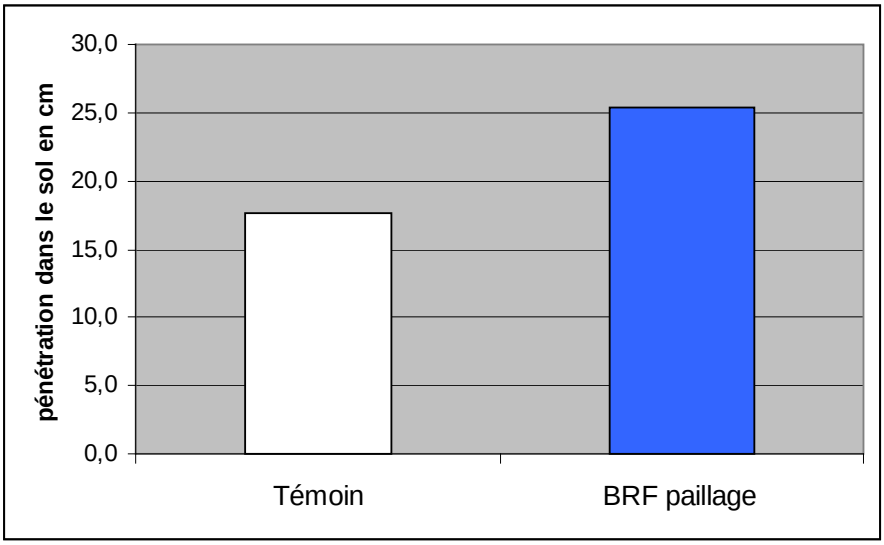
Graphe 16 : nombre de taupins adultes/piége



Sur la compaction du sol

A l'aide d'un « contrôleur compacteur » (annexe 20), il a été possible de quantifier effet sur la compaction du sol d'un apport de B.R.F.

Graphe 17 : mesure de la compaction suite à un apport de B.R.F.



L'apport de B.R.F. a permis de **limiter la compaction du sol**. La mesure réalisée permet de quantifier un effet du B.R.F qui est souvent observé mais difficilement mesurable. La **structure du sol est améliorée**, le travail du sol aussi.

Le profil de sol réalisé le 24/11/2009 atteste de la présence de **champignons basidiomycètes**.
A la surface du sol des champignons se sont développés (annexe 32).

Photographies 4 : profil de sol

Modalité « témoin »	Modalité « BRF »

Sur la température du sol

Des sondes de température Tinytag ont été implantées sur une des trois répétitions de chaque modalité selon la protocole en annexe 22. La température du sol a été mesurée du 16 août au 2 décembre 2010 et du 13 juillet au 13 novembre 2011.

Tableau 32 : températures moyenne du sol

	2010		2011	
Modalités	Température en °C	Variation/témoin en °C	Température en °C	Température en °C
Témoin	15.49		20.02	
BRF	16.99	+ 1.5	20.09	+ 0.07

Le degré de précision des sondes est de 0.35 °C.

En 2010, un **gain thermique de 1.5 °C** est enregistré. En 2011, l'**écart** de température entre les deux modalités **s'estompe**.

L'analyse des données horaires moyennées fait apparaître en 2010 des différences importantes. Les valeurs enregistrées de la modalité « BRF paillage » sont supérieures aux valeurs du témoin. L'écart est de 0.3 ° C à 8h00 de matin. Il atteint 3°C à 20h00 (annexe 33).
En 201, l'effet du paillage s'est atténué. Les valeurs sont similaires au témoin. Les différences observées selon l'heure de la journée ont disparus.

Caractérisation thermique du B.R.F.
Gilles Frances de la Plate-forme Technologique du Gard (PFT) a réalisé le 7 mai 2009 des mesures de températures de surface sur les deux modalités afin de caractériser les apports thermiques du B.R.F. (annexe 34).

La **température de surface** de la modalité « BRF » est **plus élevée et plus homogène**. Un paillage de B.R.F. réchauffe le sol.
L'étude de la température à l'interface paillage – sol fait apparaître un écart de 19.8 ° C. Cet important écart de température se répartit sur une épaisseur de 5 cm environ.

Sur le contrôle des adventices

Chaque année, des notations du nombre d'adventices présentes sur les deux modalités ont été réalisées.

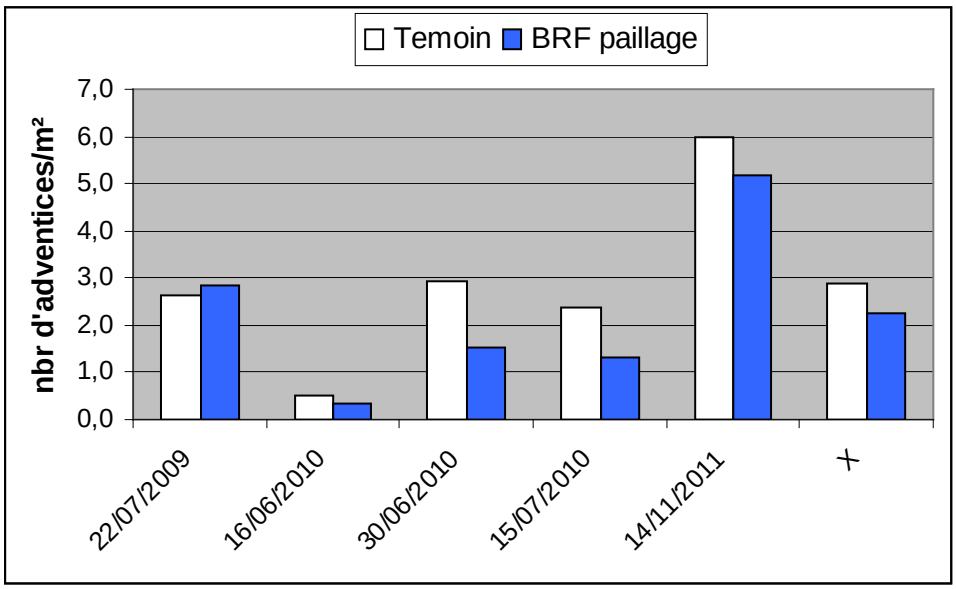
L'application de B.R.F. en paillage a permis de **limiter le salissement** de la culture. Le B.R.F. a permis de réduit de plus de 25% le nombre d'adventices comptabilise lors des 5 notations réalisées.

Tableau 33 : nombre moyen d'adventices

Modalités	Nbr moyen d'adventices/m²	Analyse statistique *
Témoin	2.9	*non significatif*
BRF paillage	2.2	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Graphe 18 : salissement des parcelles



Résultats agronomiques

Productivité

Afin de faciliter l'interprétation et la lecture des résultats, la productivité (rendement commercial) des trois années de récolte a été additionné à la production de biomasse annuelle. Le tout correspond à la production totale de biomasse cumulée sur trois ans, biomasse exportée sous forme de prélèvement récolte et sous forme de production de fanes d'asperge coupées et enfouies chaque fin d'année.

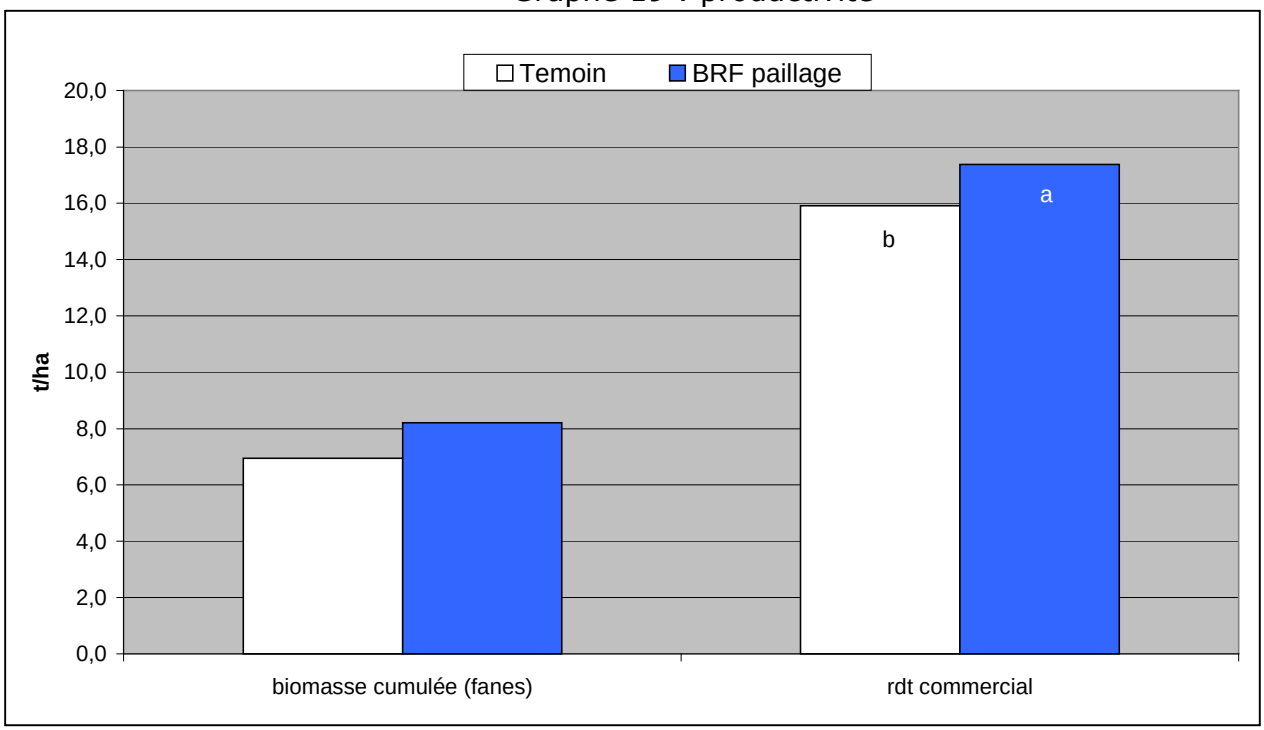
Après trois années de suivi, il apparaît que **les apports de B.R.F. n'ont influencé la production de biomasse** de la culture d'asperge. La production de biomasse est améliorée de plus de 18%. Le rendement commercial est accru de plus de 9%. Les détails de ces résultats sont consignés à l' annexe 35.

Tableau 34 : productivité

Modalités	Production de biomasse (fanes de mai à décembre) en t/ha	Analyse statistique *	Rendement commercial (récolte de mars à mai) en t/ha	Analyse statistique *	Production totale de biomasse en t/ha
Témoin	6.9	*non significatif*	15.9	b	22.7
BRF paillage	8.2		17.4	a	25.4

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Graphe 19 : productivité



L'analyse plus fine de l'amélioration du rendement commercial indique qu'elle est due à un nombre plus élevé de turions par plante et à une augmentation du poids-moyen des turions.

Conclusions

Au terme de ces trois années d'expérimentation sur cette parcelle qui ne bénéficie pas d'irrigation, il ressort suite aux apports de B.R.F. que :

- **la fertilité du sol** n'a été peu impactée, la Réserve Utile (R.U.) en eau du sol n'a pas été augmenté. Elle était déjà conséquente. L'état organique du sol n'a peu évolué, il n'a pas eu d'acidification du sol, la Capacité d'Echanges Cationique (C.E.C.) et la concentration en éléments minéraux utilisables par les cultures sont peu modifiées. Les analyses complémentaires réalisées sur la qualité organique et biologique du sol indiquent une tendance à augmenter la Matière Organique libre du sol (réserve à moyen terme et fertilité biologique), à augmenter la quantité de biomasse microbienne (la vie du sol), et la quantité de carbone potentiellement minéralisable (réserve énergétique du sol) et à limiter la disponibilité de l'azote.

- **l'alimentation hydrique** des différentes cultures n'a été que légèrement améliorée la première et la seconde année.
- **l'alimentation azotée** des différentes cultures n'a pas été influencé à l'exception d'un léger déficit en azote mesuré lors d'une analyse foliaire le seconde année de la culture d'asperge. Les 400 unités d'azote contenues dans les 250 m^3/ha de B.R.F. apportés n'ont pas perturbé la gestion de la fertilisation des cultures et n'ont pas été exposé à la lixiviation.
- les incidences sur les bio-agresseurs (taupins, taupes, limaces) ont été nulles. Le contrôle des adventices a été amélioré.
- **la température du sol** a été augmentée la seconde année, le gain thermique s'est estompé la troisième année.
- **la compaction du sol** a été limitée.
- **la productivité** (rendement commercial et biomasse) est améliorée de plus de 9%.

Site 4

Jean-Luc Robby - Bourdic - Uzège

Le protocole expérimental

Situation géographique

La parcelle de Jean-Luc Robby se situe sur la commune de Bourdic au sud d'Uzès AU centre du Gard annexe 1.

Le sol

Le sol a une texture argile limono-sableuse. Ces principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous suite à une analyse de sol réalisée avant la mise en place de l'essai le 18/11/2008.

Bilan de fertilité

Tableau 35 : bilan de fertilité physique

Modalités	Texture	Teneur en argile	Réserve utile	Matière organique	pH (KCL)
témoin	Argile limono-sableuse	33.0 %	71 mm	1.75%	6.4
BRF		33.6%	71 mm	1.76%	6.5
Analyse statistique *		*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*

- Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'activité biologique est faible.

Tableau 36 : bilan de fertilité chimique

		Teneur en mg/kg			
Modalités	CEC * (me/kg)	P205	K2O	MgO	CaO
témoin	199.7 moyenne	366 forte	398 forte	427 forte	5 480 forte
BRF	208.7 moyenne	369 forte	401 forte	423 forte	5 585 forte
	non significatif	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*

*CEC: Capacité d'Echange Cationique

En ce qui concerne les oligo-éléments, seule la teneur en zinc est considérée comme faible.

Dispositif expérimental
Essai blocs à 3 répétitions, parcellaire élémentaire de 40 m² (annexe 36).

Modalités
Le test est constitué de deux modalités :
- témoin (sans apport de BRF), modalité représentant la pratique de l'agriculteur,
- BRF paillage incorporé (250 m^3/ha), épandu en plein sur le sol après le semis du blé et incorporé avant la plantation d'une culture de melon.

Mise en place des modalités :

Tableau 37 : les différentes modalités comparées au témoin

	BRF paillage incorporé
Origine	ECOVAL
Type	Déchets verts
	Frais
Dose en m^3/ha	250
Dose en t/ha	62
Epandage	27/11/2008
Paillage	27/11/2008
Incorporation	12/11/2009

Photographie 5 : paillage de B.R.F. sur blé

Suivis cultural 2009-2011

	2008	2009	2010	2011
Période	N ---------> Jt		M ----->A N ----------->J	
Culture	Blé dur		Melon	Blé dur

Cycle cultural : annexe 37

Résultats et observations

Bilan de fertilité du sol

Les **analyses de sol** réalisées à l'issue des **trois années d'expérimentation** donnent des indications sur les conséquences d'un apport de B.R.F. sur les propriétés du sol.

Fertilité physique

La réserve hydrique des sols

Parmi les nombreux bénéfices attendus suite à un apport de B.R.F., figure l'augmentation de la réserve hydrique des sols. La réserve en eau utile (R.U.) d'un sol est la différence entre la teneur en eau du sol à sa capacité de rétention (eau retenue par un sol ressuyé) et sa teneur en eau au point de flétrissement (eau restant dans le sol alors que les plantes flétrissement). Ces teneurs exprimées en grammes d'eau pour 1 000 g de terre, sont déterminées au laboratoire grâce à la mesure du pF 2.8 et du pF 4.2. Le pF est le logarithme de la force de rétention de l'eau par le sol. A la capacité de rétention (pF 2.8), cette force de rétention correspond à 1/3 d'atmosphère. Au point de flétrissement (pF 4.2), la force de rétention correspond à 16 atmosphères.

Tableau 38 : réserve utile

Modalités	Réserve utile en mm	Analyse statistique *
Témoin	68.7	*non significatif*
BRF paillage incorporé	68.7	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

La réserve utile du sol est restée identique suite à un apport de B.R.F. mis en paillage puis incorporé.

L'état organique du sol

Le rapport C/N renseigne sur la richesse en de l'humus, en azote et sur l'activité biologique du milieu.

Tableau 39 : état organique

Modalités	Matière organique en g/kg	Analyse statistique *	C/N	Analyse statistique *
Témoin	15.2	*non significatif*	9.8	*non significatif*
BRF paillage incorporé	16.1		9.4	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les **apports de B.R.F**. **n'ont très peu influé la quantité de matière organique** présente dans le sol.

Les **rapport C/N** des deux modalités sont **très proches**. Pour le témoin, le rapport passe de 11.8 en 2008 à 9.8 en 2011, le taux de C organique ayant chuté de prés de 14% en 3 ans. L'apport de « **B.R.F**. » **limite légèrement cette érosion**.

Le pH

Il est redouté une acidification du sol suite à un apport de B.R.F. qui occasionnerait une perte de nutriments.

Tableau 40 : pH

Modalités	pH eau	Analyse statistique *	pH KCL	Analyse statistique *
Témoin	7.3	*non significatif*	6.1	*non significatif*
BRF paillage incorporé	7.7		6.6	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les valeurs sont très proches, **l'apport de B.R.F. n'a pas induit une acidification** du sol.

Fertilité chimique

Le réservoir et les équilibres

Le sol est un réservoir d'éléments fertilisants qui se juge aussi bien en quantité (concentration de chaque élément) qu'en qualité (équilibre entre les éléments).

La capacité d'échange cationique (C.E.C.)

La C.E.C. indique la capacité d'un sol à stocker les cations (Ca, K, Mg, Na, H). Elle varie selon le pourcentage d'argile du sol et de sa teneur en humus.

Tableau 41 : capacité d'échange cationique

Modalités	C.E.C. en me/kg	Analyse statistique *
Témoin	166.6	b
BRF paillage incorporé	172.6	a

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'apport de 250 m^3/ha de B.R.F. correspond à un apport d'humus stable de 18 t/ha. Une amélioration de la C.E.C. est attendue, elle s'est confirmée.

La C.E.C. était jugée « moyenne » lors de la première analyse en 2008. Le taux de saturation de la C.E.C. qui indique le remplissage de ce réservoir d'éléments nutritifs doit être supérieur à 80%. Pour les deux modalités, il dépasse les 220%.

Concentration des éléments minéraux

Tableau 42 : concentration des éléments minéraux

Modalités	P2O5	Analyse statistique *	K2O	A S	MgO	A S	CaO	A S
Témoin	270	*non significatif*	343	*N S*	421	*N S*	4539	*b*
BRF paillage incorporé	286		362		392		5295	a

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les apports de B.R.F. n'ont pas modifié la concentration des éléments minéraux utilisables par les cultures. Il est à noter une concentration supérieure en CaO suite à l'apport de B.R.F.
La concentration en oligo-éléments, Cu, Zn, Mn, Fe, n'a pas changé.

Les ratios d'équilibre entre éléments n'ont pas évolué suite à l'apport de B.R.F. à l'exception du rapport CaO/MgO.

La rétention d'eau dans la couche superficielle du sol

Des sondes « watermark » ont été installées sur chaque parcelle élémentaire selon le protocole détaillé en annexe 11. Un relevé hebdomadaire a permis de suivre l'évolution de la teneur en eau des différentes modalités des différentes cultures annexe 38.

Cette parcelle a **une réserve utile parmi les plus importantes** du dispositif expérimental. Les cultures de blé implantées en 2009 et 2011 n'ont pas été pas irriguées. La culture de melon (2010) a été irriguée par goutte à goutte.

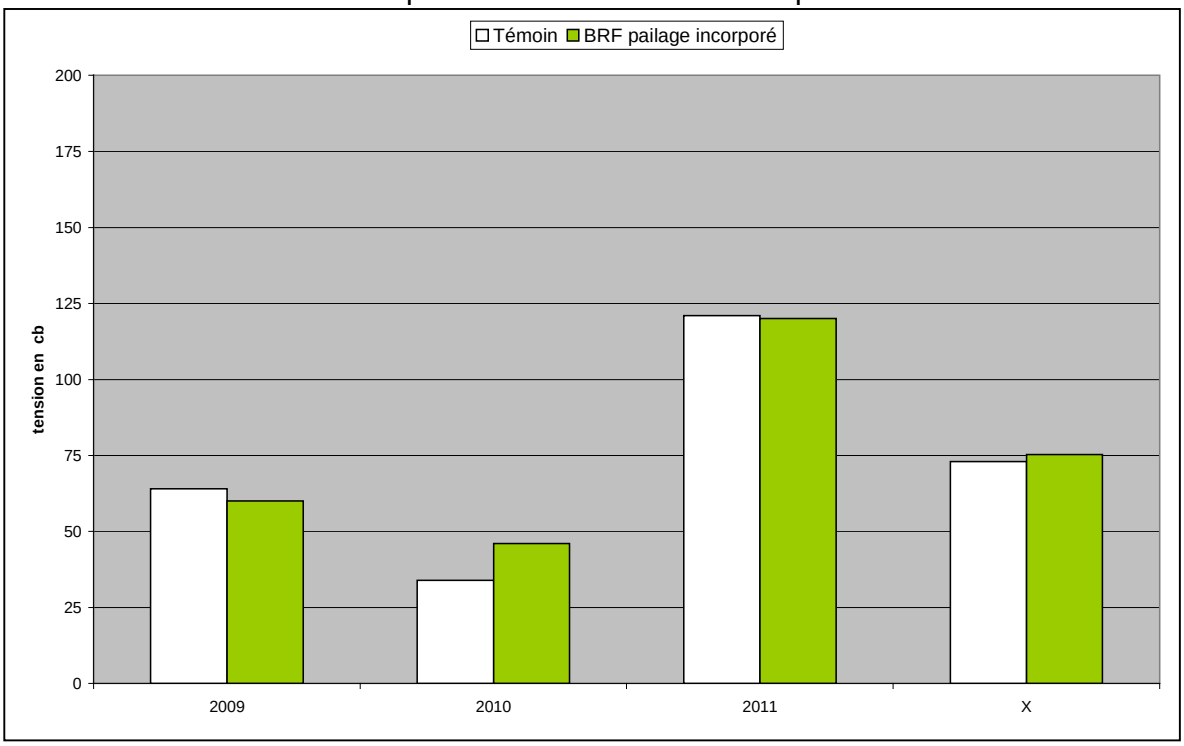
Tableau 43 : tensions moyennes annuelles

Modalités	2009	Analyse statistique *	2010	A S	2011	A S
Témoin	64	*non significatif*	34	*N S*	121	*N S*
BRF paillage incorporé	60		36		120	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les **tensions moyennes** mesurées sur les deux modalités sont **très proches**.

Graphe 20 : suivi tensiomètrique



En absence d'irrigation et de précipitations significatives, des fentes de retrait ont été observées sur la culture de blé dur en 2011.

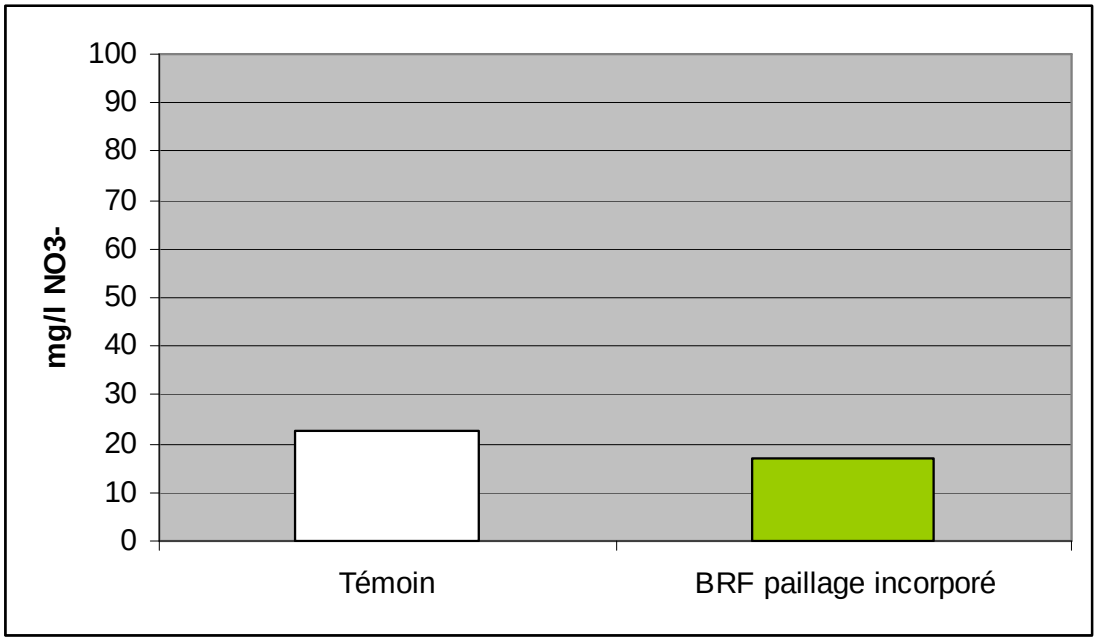
Photographie 6 : fente de retrait

Etat azoté du sol

Les 250 m^3/ha apportés représentent une importante quantité d'humus (18 t/ha) et contiennent prés de 400 unités d'azote. Quelles ont été les répercussions sur l'état azoté du sol ?
Selon la méthode d'analyse rapide nitrate (Nitratest), le statut azoté du sol a été évalué à différentes périodes selon le protocole détaillé en annexe 13. Le détail du suivi se trouve à l'annexe 39.

Il apparaît que **les apports de B.R.F. n'ont pas modifié considérable la teneur en azote du sol**. Durant les trois années de suivi réalisées sur trois cultures différentes (blé dur, melon et blé dur), les courbes des deux modalités « B.R.F. » sont très proches. Il n' y a pas eu de restitution des 400 unités d'azote contenues dans le B.R.F. La gestion de la fertilisation de la culture n' a pas été affectée. Le risque de lixiviation du nitrate redouté a été écarté.

Graphe 21 : teneur moyenne en nitrate du sol

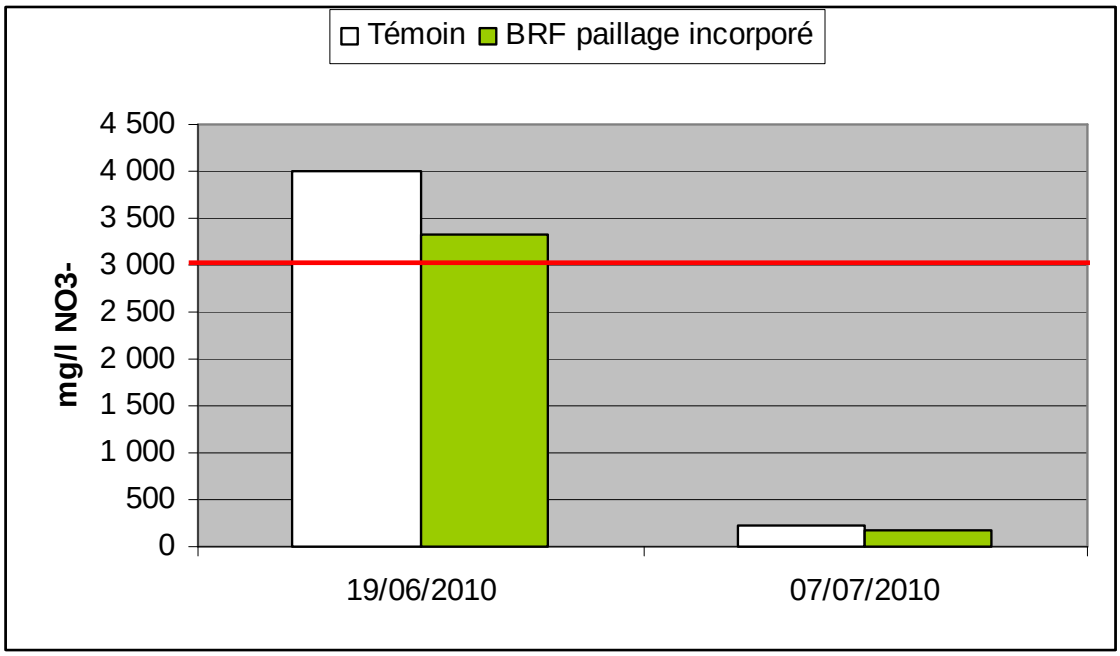


Etat azoté de la plante

Grace à la collaboration de Thierry Pianetti de la Chambre d'Agriculture du Gard, de Philippe Braun et Jérôme Fabre d'Arvalis et de Hugues Saynurpar de Sud Céréales l'état azoté de la culture de **blé dur** implantées la première année de suivi a pu être mesuré.
Deux méthodes ont été utilisées, le **Ntester** (annexe 16) et le GPN (annexe 40). Les résultats obtenus étant divergents (annexe 41), il a été décidé de ne pas re-fertiliser la modalité « B.R.F. ».
La deuxiéme culture de blé dur lors de la troisième année de suivi n'a pas fait l'objet de mesure de l'état azoté de la plante.

La culture de **melon**, implantée lors de la deuxiéme année de suivi a fait l'objet d'un suivi **PILazo**. Le principe de cette méthode est décrit en annexe 15.

Graphe 22 : teneur moyenne en nitrate de la plante



Le seuil des 3 000 mg/l de nitrate a été dépassé par les deux modalités lors de la première mesure avant le stade « nouaison ». Malgré une différence de 650 mg/l entre la modalité « B.R.F. » et la modalité « témoin », **aucun apport azoté n'a été fait**, les besoins en azote de la plante étant couvert. La seconde mesure réalisée 18 jours plus tard, atteste de la forte demande en azote de la culture. Les valeurs des deux modalités sont très proches.

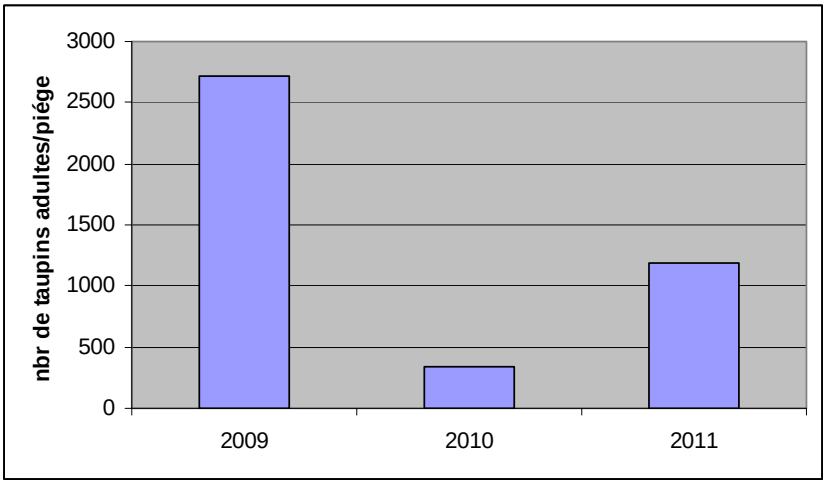
Incidences des apports de B.R.F.

Sur les populations de taupins

La taupin occasionne d'importants dégâts dans le Gard. Il affectionne les sols riches en matière organique. Un apport de B.R.F. peut-il contribuer à augmenter la pression de ce ravageur ?

L'importance de la pression de ce bio-agresseur est estimée à partir un suivi des populations de taupins adultes capturés avec un piége à phéromone (annexe 18).

Graphe 23 : nombre de taupins adultes/piége

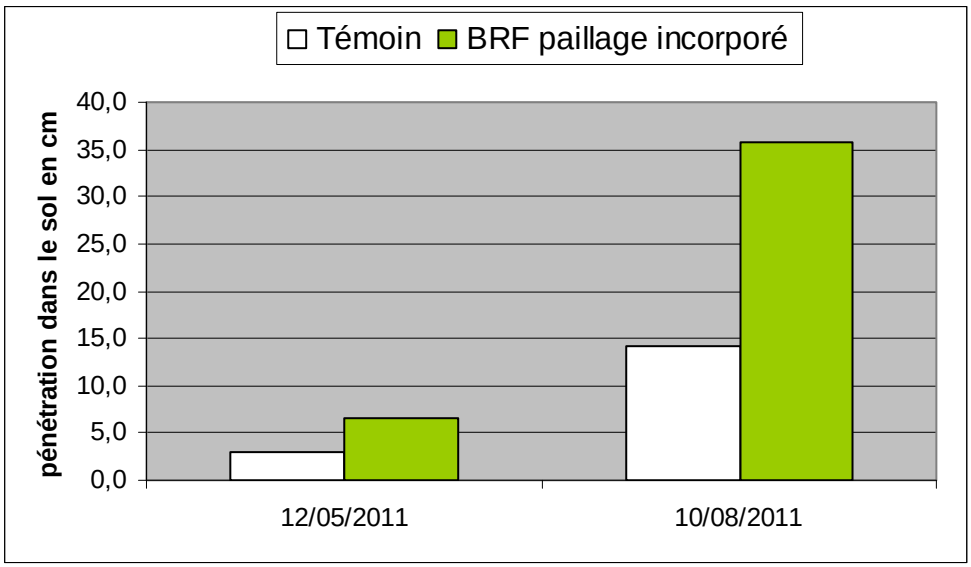


Il n'y a pas eu une augmentation de la population de taupins.

Sur la compaction du sol

A l'aide d'un « contrôleur compacteur » (annexe 21), il a été possible de quantifier effet sur la compaction du sol d'un apport de B.R.F.

Graphe 24 : mesure de la compaction suite à un apport de B.R.F.



L'apport de B.R.F. a permis de **limiter la compaction du sol**. Les mesures réalisées permettent de quantifier un effet du B.R.F qui est souvent observé mais difficilement mesurable. La **structure du sol est améliorée**, le travail du sol aussi.

Sur la température du sol

Des sondes de température Tinytag ont été implantées sur une des trois répétitions de chaque modalité selon la protocole en annexe 22. La température du sol a été mesurée du 28 mai au 13 août 2010.

Tableau 44 : températures moyenne du sol

Modalités	Température en °C	Température en °C
Témoin	24.85	
BRF paillage incorporé	24.71	- 0.07

Le degré de précision des sondes est de 0.35 °C. **La différence mesurée n'est pas significative**.
L'analyse des données horaires moyennées fait apparaître d'importantes différences. Les valeurs enregistrées de la modalité « BRF paillage incorporé » sont supérieures aux valeurs du témoin de 0h00 à 11h00 et inférieures au témoin de 13h00 à 23h00. (annexe 42). Les températures élevées de l'après-midi sont écrêtées.

Quelles sont les conséquences agronomiques de ces variations de températures ?

Sur le développement du système racinaire

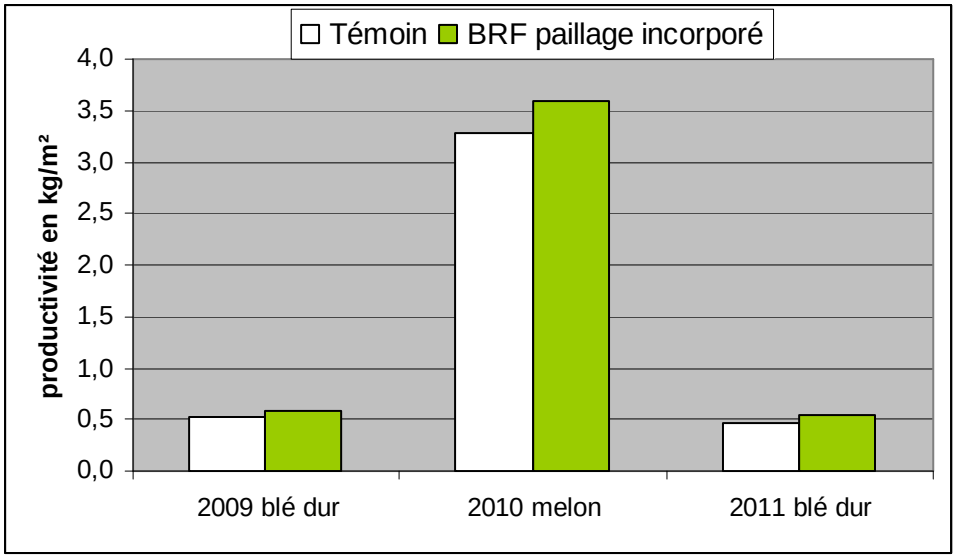
Un profil de sol a été réalisé le 9/08/2010 sur la culture de melon (annexe 43). Suite à l'apport de B.R.F. réalisé un an plus tôt, on observe un chevelu racinaire plus important, un nombre plus élevé de **grosses racines**. Les racines explorent un horizon de sol plus important jusqu'à **30 cm de profondeur**. On note la présence de résidus de B.R.F. Sur la modalité « témoin » peu de racines descendent en dessous de 20 cm.

Résultats agronomiques

Productivité

La productivité de chaque culture a été mesurée.

Graphe 25 : productivité



Afin de faciliter l'interprétation et la lecture des résultats, la productivité de chaque culture est cumulée. Ainsi, la production de melon de 2010 est additionnée à la production de grain de blé dur de 2009 et de 2011.

Tableau 45 : productivité

Modalités	Production en kg/m²	Analyse statistique *
Témoin	4.29	*non significatif*
BRF paillage incorporé	4.73	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Après trois années de suivi, il apparaît que **l'apports de B.R.F. améliore légèrement la productivité** de la parcelle. On note cependant que cette différence n'est pas confirmée par l'analyse statistique. De fortes hétérogénéités sont observées au niveau des parcelles élémentaires.

Aspects qualitatifs

Les apports de B.R.F. ont-ils eu un impact sur la qualité des produits récoltés ?
Pour les deux cultures de blé, trois indicateurs ont été retenus.

Tableau 46 : aspects qualitatifs

Modalités	Taux de protéines	A S *	Poids spécifique en kg/hl	A S	% de mitadin	A S
2009						
Témoin	12.7	a	83.3	*non significatif*	36.9	a
BRF paillage incorporé	10.8	b	82.8		56.0	b
2011**						
Témoin	14.5		81.4		14.0	
BRF paillage incorporé	14.0		82.7		16.0	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%) ** L'exploitation statistique des résultats n'a pas été possible

Le **taux de protéines** de la modalité « B.R.F. » est inférieur au témoin notamment en 2009. Une alimentation azotée défaillante est à l'origine de cette dépréciation de la qualité. Un taux de protéines supérieur à 13 est recherché.
Le **poids spécifique** des deux modalités sont très proches. Un poids spécifique supérieur à 78 est recherché.
Le **% de mitadin** de la modalité « B.R.F. » est nettement supérieur au témoin et au seuil de 20% recherché en 2009. La **faim d'azote** est confirmée. En 2011, le taux est conforme aux attentes qualitatives.
La faim d'azote observée la première année a déprécie la qualité de la récolte de blé.

Pour la culture de melon, le taux de sucre des fruits est l'indicateur qualité.

Tableau 47 : aspects qualitatifs

Modalités	Taux de sucre	Analyse statistique *
Témoin	12.8	*non significatif*
BRF paillage incorporé	13.6	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Le **taux de sucre des fruits est amélioré** suite à un apport de B.R.F. Le dispositif expérimental ne permet pas de confirmer statistiquement cette différence avec la modalité « témoin ».

Globalement, l'apport de B.R.F. **à impacter la qualité des produits** récoltés.

Conclusion

Au terme de ces trois années d'expérimentation sur cette parcelle sur laquelle se sont succédées deux céréales non irrigués et une culture de melon, il ressort suite à un apport de B.R.F. que :
- **la fertilité du sol** n'a été peu impactée, l'amélioration de la Réserve Utile (R.U.) en eau du sol n'est pas constatée, l'état organique du sol s'est légèrement amélioré, il n'a pas d'acidification du sol, la Capacité d'Echanges Cationique (C.E.C.) est légèrement accrue, la concentration en éléments minéraux utilisables par les cultures n'est pas modifiée.
- **l'alimentation hydrique** des différentes cultures n'est pas améliorée.
- **l'alimentation azotée** des différentes cultures n'a pas été influencé à l'exception de la faim d'azote enregistrée la première année sur la culture de blé. Les 400 unités d'azote contenues dans les 250 m^3/ha de B.R.F. apportés n'ont pas perturbé la gestion de la fertilisation des cultures et n'ont pas été exposé à la lixiviation.
- les incidences sur les bio-agresseurs (taupins, taupes, limaces) sont nulles.
- la compaction du sol a été limitée.
- le système racinaire de la culture de melon est accru,
- **la productivité** est légèrement améliorée, notamment grâce au rendement enregistré par la culture de melon et malgré la faim d'azote signalée sur la première culture de blé.
- **la qualité des produits** a été détériorée par la faim d'azote sur la première culture de blé et accrue sur la culture de melon.

Site 5

Didier Bonnard - Montfrin – Basse Vallée du Gardon

Le protocole expérimental

Situation géographique

La parcelle de Didier Bonnard se situe sur la commune de Montfrin à l'Est de Nîmes annexe 1.

Le sol

Le sol est composé d'**alluvions du Gardon** (rivière) et ses principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous suite à une analyse de sol réalisée avant la mise en place de l'essai le 24/11/2008.

Bilan de fertilité

Tableau 48 : bilan de fertilité physique

Modalités	Texture	Teneur en argile	Réserve utile	Matière organique	pH (KCL)
témoin	Limon sablo-argileux	17.1 %	52 mm	1.72% faible	7.8
BRF		15.9 %	46 mm	1.78% faible	7.6
Analyse statistique *		*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'activité biologique est **moyenne**.

Tableau 49 : bilan de fertilité chimique

		Teneur en mg/kg			
Modalités	CEC * (me/kg)	P205	K2O	MgO	CaO
témoin	97.7 faible	1 179 très forte	314 forte	210 normale	7 633 très forte
BRF	93.7 faible	1 173 très forte	296 forte	208 normale	7 407 très forte
	non significatif	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*	*non significatif*

*CEC: Capacité d'Echange Cationique

La teneur des oligo-éléments est considérée comme normale.

Dispositif expérimental

Essai blocs à 3 répétitions, parcelle élémentaire de 40 m² (annexe 44).
La première année suite à un problème de semences de pomme de terre la 3 éme répétitions n'a pu être implantée.

Modalités
Le test est constitué de trois modalités :
- témoin (sans apport de BRF), modalité représentant la pratique de l'agriculteur,
- BRF incorporé (250 m^3/ha),
- BRF incorporé (125 m^3/ha), suivi d'un épandage de **BRF paillage** en cours de culture (125 m^3/ha).

Mise en place des modalités :

Tableau 50 : les différentes modalités comparées au témoin

	BRF incorporé	BRF incorporé + BRF paillage incorporé	
Origine	ECOVAL	ECOVAL	Clemençon
Type	Déchets verts	Déchets verts	Platane (Saint-Cômes)
	frais	frais	Pré-composté (3.8 mois)
Dose en m^3/ha	250	125	125
Dose en t/ha	62	31	37
Epandage	26/11/2008	26/11/2008	06/04/2009
Incorporation passage cultivateur	29/01/2008	29/01/2008	31/07/2009
Paillage			06/04/2009

Photographie 7 : paillage de B.R.F. sur culture de haricot

Suivis cultural 2009-2011

	2009	2010	2011
Période	J ---> M A --->N	A ---->Jt	A ----> Jt
Culture	Pomme de terre Haricot	Pomme de terre	Pomme de terre

Cycle cultural : annexe 45

Résultats et observations

Bilan de fertilité du sol

Les **analyses de sol** réalisées à l'issue des **trois années d'expérimentation** donnent des indications sur les conséquences d'un apport de B.R.F. sur les propriétés du sol.

Fertilité physique

La réserve hydrique des sols

Parmi les nombreux bénéfices attendus suite à un apport de B.R.F., figure l'augmentation de la réserve hydrique des sols. La réserve en eau utile (R.U.) d'un sol est la différence entre la teneur en eau du sol à sa capacité de rétention (eau retenue par un sol ressuyé) et sa teneur en eau au point de flétrissement (eau restant dans le sol alors que les plantes flétrissement). Ces teneurs exprimées en grammes d'eau pour 1 000 g de terre, sont déterminées au laboratoire grâce à la mesure du pF 2.8 et du pF 4.2. Le pF est le logarithme de la force de rétention de l'eau par le sol. A la capacité de rétention (pF 2.8), cette force de rétention correspond à 1/3 d'atmosphère. Au point de flétrissement (pF 4.2), la force de rétention correspond à 16 atmosphères.

Tableau 51 : réserve utile

Modalités	Réserve utile en mm	Analyse statistique *
Témoin	47.3	*non significafif*
BRF incorporé	47.7	
BRF incorporé + paillage incorporé	48.0	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

La réserve utile du sol n'a très peu évolué suite à un apport de B.R.F. incorporé. Elle a été légèrement augmentée suite aux apports successifs de B.R.F. incorporé et de B.R.F. mis en paillage puis incorporé. La différence observée n'est pas statistiquement significative.

L'état organique du sol

Le rapport C/N renseigne sur la richesse en de l'humus, en azote et sur l'activité biologique du milieu.

Tableau 52 : état organique

Modalités	Matière organique en g/kg	Analyse statistique *	C/N	Analyse statistique *
Témoin	16.0	*non significafif*	9.9	*non significafif*
BRF incorporé	15.8		9.6	
BRF incorporé + paillage incorporé	16.4		8.8	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les **apports de B.R.F**. **n'ont très peu influé la quantité de matière organique** présente dans le sol.

Les **rapport C/N** des trois modalités sont **très proches**. Pour le témoin, le rapport passe de 12.1 en 2008 à 9.9 en 2011, le taux de C organique ayant chuté de prés de 9 % en 3 ans. Les apports de « B.R.F. » n'ont pas limité cette érosion.

Le pH

Il est redouté une acidification du sol suite à un apport de B.R.F. qui occasionnerait une perte de nutriments.

Tableau 53 : pH

Modalités	pH eau	Analyse statistique *	pH KCL	Analyse statistique *
Témoin	8.3	*non significafif*	7.7	*non significafif*
BRF incorporé	8.3		7.7	
BRF incorporé + paillage incorporé	8.3		7.8	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les valeurs sont très proches, **l'apport de B.R.F. n'a pas induit une acidification** du sol.

Fertilité chimique

Le réservoir et les équilibres

Le sol est un réservoir d'éléments fertilisants qui se juge aussi bien en quantité (concentration de chaque élément) qu'en qualité (équilibre entre les éléments).

La capacité d'échange cationique (C.E.C.)

La C.E.C. indique la capacité d'un sol à stocker les cations (Ca, K, Mg, Na, H). Elle varie selon le pourcentage d'argile du sol et de sa teneur en humus.

Tableau 54 : capacité d'échange cationique

Modalités	C.E.C. en me/kg	Analyse statistique *
Témoin	66.7	*non significafif*
BRF incorporé	67.5	
BRF incorporé + paillage incorporé	65.5	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'apport de 250 m^3/ha de B.R.F. correspond à un apport d'humus stable de 18 t/ha. Une amélioration de la C.E.C. est attendue. Elle n'est pas significative, quelque soit la stratégie d'apport.

La C.E.C. était jugée « faible »lors de la première analyse en 2008. Le taux de saturation de la C.E.C. qui indique le remplissage de ce réservoir d'éléments nutritifs doit être supérieur à 80%. Pour les trois modalités, il dépasse les 380%.

Concentration des éléments minéraux

Tableau 55 : concentration des éléments minéraux

Modalités	P2O5	Analyse statistique *	K2O	A S	MgO	A S	CaO	A S
Témoin	833	b	332	N S	206	N S	7773	a
BRF incorporé	855	b	346		214		7468	a
BRF incorporé + paillage incorporé	962	a	343		201		6593	b

- Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les apports de B.R.F. ont **modifié la concentration de P2O5 et CaO**. La concentration en oligo-éléments, Cu, Zn, Mn, Fe, n'a pas changé. Les **ratios d'équilibre** entre éléments, **CaO/K2O, P2O5/Zn, CaO/MgO sont modifiés** suite aux apports de B.R.F.

La rétention d'eau dans la couche superficielle du sol

Des sondes « watermark » ont été installées sur chaque parcelle élémentaire selon le protocole détaillé en annexe 11. Un relevé hebdomadaire a permis de suivre l'évolution de la teneur en eau des différentes modalités des différentes cultures annexe 46.

Cette parcelle a la **réserve utile** de 50 mm, **une des plus basse du dispositif expérimental**. Elle est irriguée.

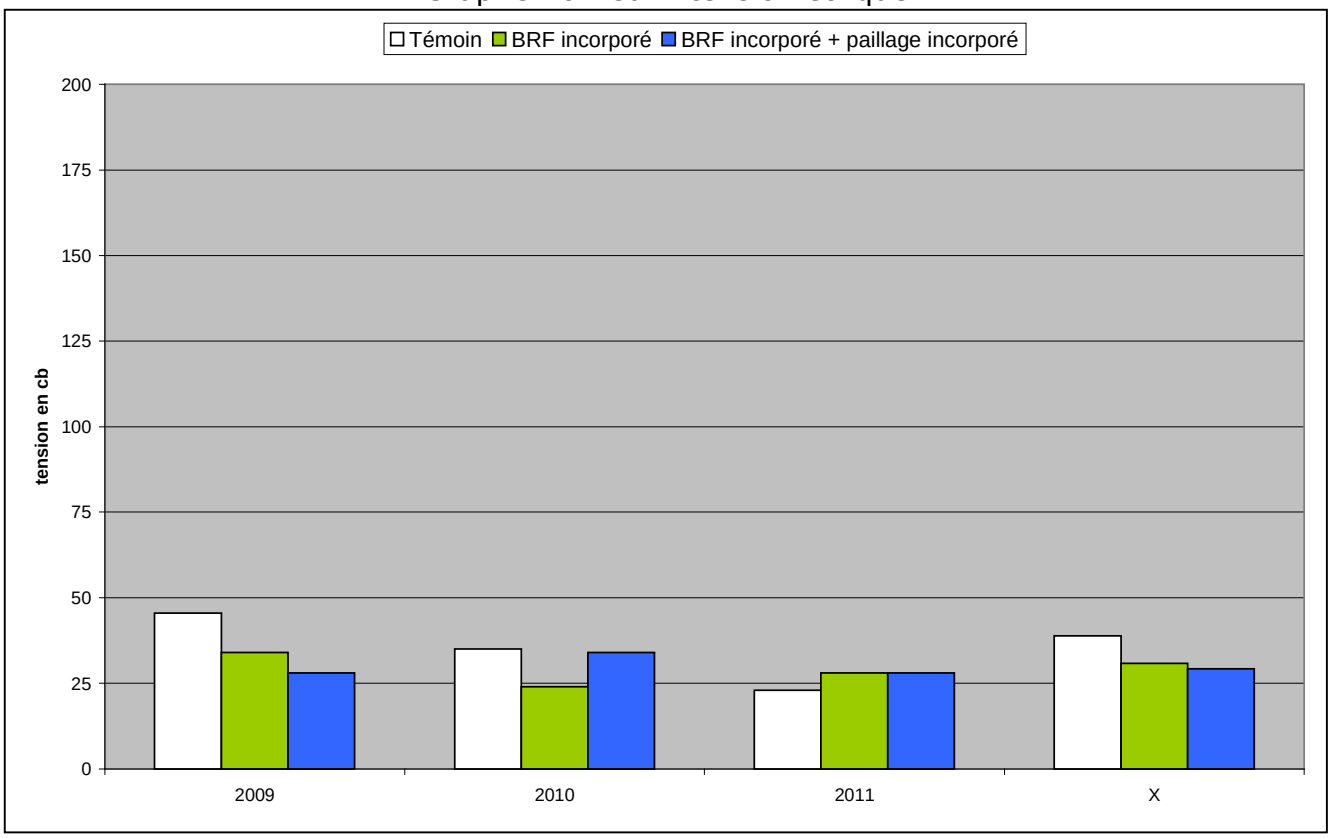
Tableau 56 : tensions moyennes annuelles

Modalités	2009	Analyse statistique *	2010	A S	2011	A S
Témoin	46	*non significatif*	35	*N S*	23	*N S*
BRF incorporé	34		24		28	
BRF incorporé + paillage incorporé	28		34		28	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les **tensions moyennes** mesurées sur les trois modalités sont **très proches**. La première année de suivi, les valeurs sont plus basses suite à un apport de B.R.F. Cette tendance s'estompe la troisième année. Le pilotage des irrigations témoigne d'un certain **confort hydrique** à certaines périodes durant lesquelles les tensions sont inférieures à 25 centibars.

Graphe 26 : suivi tensiomètrique



Etat azoté du sol

Les 250 m^3/ha apportés représentent une importante quantité d'humus (18 t/ha) et contiennent prés de 400 unités d'azote. Quelles ont été les répercussions sur l'état azoté du sol ?
Selon la méthode d'analyse rapide nitrate (Nitratest), le statut azoté du sol a été évalué à différentes périodes selon le protocole détaillé en annexe 13. Le détail du suivi se trouve à l'annexe 47.

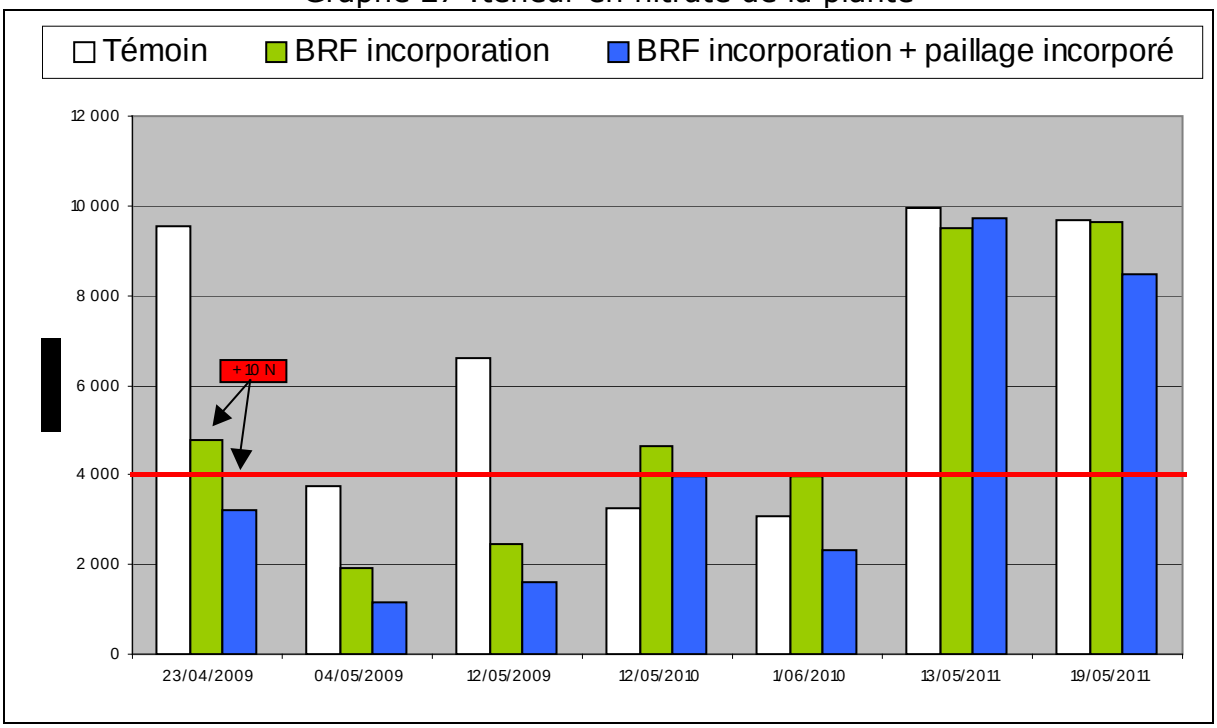
Il apparaît que **les apports de B.R.F. n'ont pas modifié considérable la teneur en azote du sol**. Durant les trois années de suivi réalisées sur quatre cultures différentes (pomme de terre, haricot, pomme de terre et pomme de terre), les courbes des deux modalités « B.R.F. » sont très **globalement très proches**. On note cependant, lors de la **première mesure**, des **teneurs en azote du sol nettement plus basses** pour les deux modalités « B.R.F. ».
Il n' y a pas eu de restitution des 400 unités d'azote contenues dans le B.R.F. Le risque de lixiviation du nitrate redouté a été écarté.

Etat azoté de la plante

Les trois culture de pomme de terre ont faut l'objet d'un suivi PILazo. Le principe de cette méthode est décrit en annexe 15.

Les mesures effectuées lors de la première année de suivi sur une culture de pomme de terre a permis de vérifier les répercussions d'un apport de B.R.F. sur la gestion de la fertilisation azotée.
Fin avril, les modalités « B.R.F. » accuse une teneur en nitrate plus faible que le témoin, proche ou sous le seuil de 4 000 mg/l NO3-. **La faim en azote est avérée**. Un **apport de 10 kg/ha d'azote** sous forme de nitrate de chaux est réalisé. Les mesures suivantes montrent qu'il est **insuffisant**.
La deuxiéme année, les écarts se réduisent considérablement pour s'estomper la troisième année.

Graphe 27 :teneur en nitrate de la plante

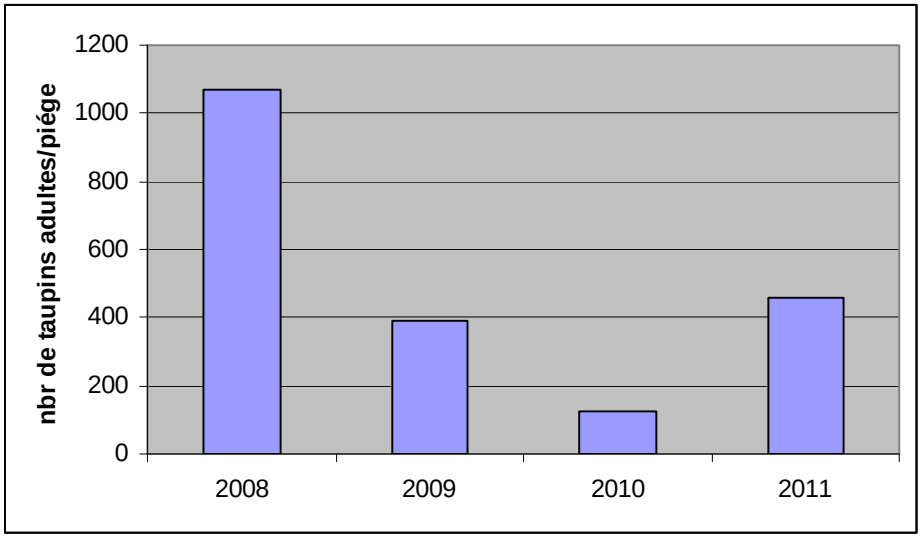


Incidences des apports de B.R.F.

Sur les populations de taupins

La taupin occasionne d'importants dégâts dans le Gard. Il affectionne les sols riches en matière organique. Un apport de B.R.F. peut-il contribuer à augmenter la pression de ce ravageur ? L'importance de la pression de ce bio-agresseur est estimée à partir du piégeage des adultes avec des phéromones (annexe 19).

Graphe 28 : nombre de taupins adultes/piége

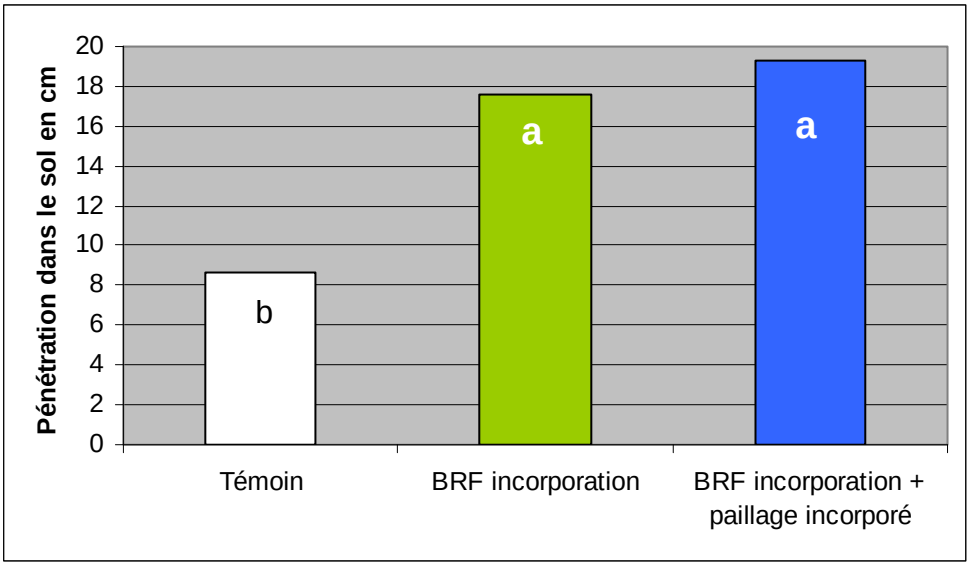


Les **apports de B.R.F. n'ont pas provoqué une augmentation du nombre d'adultes de taupin**.

Sur la compaction du sol

A l'aide d'un « contrôleur compacteur » (annexe 21), il a été possible de quantifier effet sur la compaction du sol d'un apport de B.R.F.

Graphe 29 : mesure de la compaction suite à un apport de B.R.F.

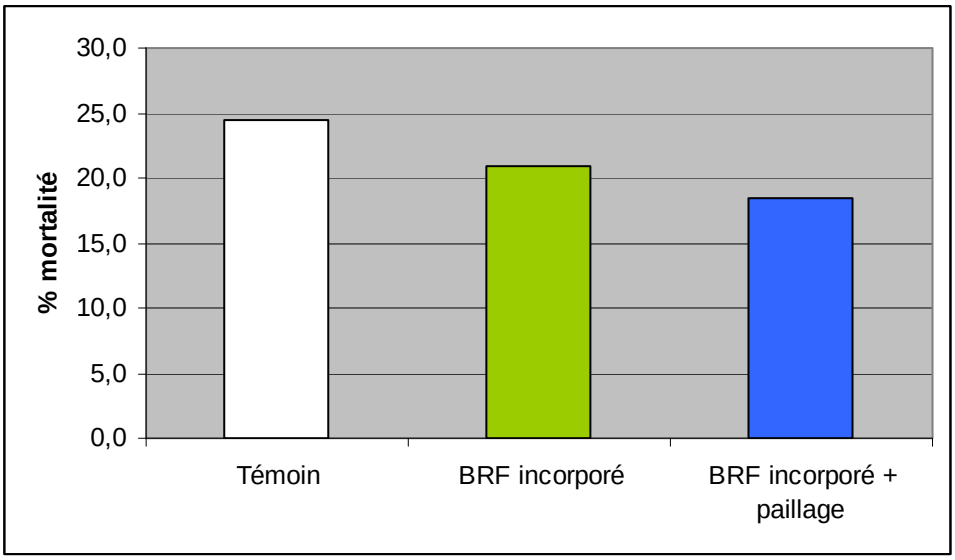


Les apports de B.R.F. ont permis de **limiter la compaction du sol**. Les mesures réalisées permettent de quantifier un effet du B.R.F qui est souvent observé mais difficilement mesurable. La **structure du sol est améliorée**, le travail du sol aussi.

Sur la mortalité de plants de haricot

Lors de la première année d'essai, la culture de haricot a été touché par des pertes de plants au rebuttage.

Graphe 30 : mortalité de plants d'haricot



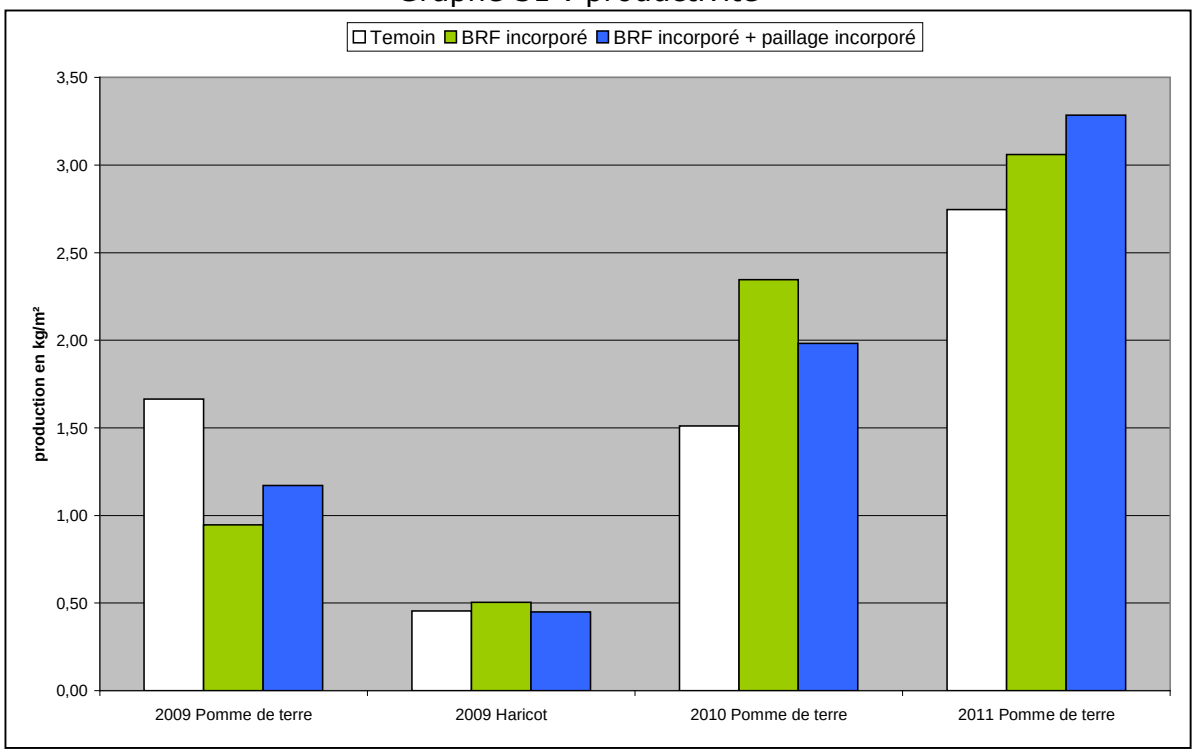
Les apports de **B.R.F.** ont permis de **limiter les pertes de plants**.

Résultats agronomiques

Productivité

Afin de faciliter l'interprétation et la lecture des résultats, la productivité de chaque culture est cumulée. Ainsi, la production des trois cultures de pomme de terre (2009, 2010, 2011) est additionnée à la production de haricot de 2009.

Graphe 31 : productivité



Après trois années de suivi, il apparaît que **les apports de B.R.F. ont améliorés la productivité** de la parcelle. Une analyse plus fine des résultats montrent que la **faim d'azote non contrôlée** par un apport de 10 kg/ha N la première année a **amputé le rendement** de la culture de pomme de terre de 30 à 43 %. Malgré ce lourd handicap, la productivité cumulée des différentes productions cultures s'est accrue de plus de 7% suite aux apports de B.R.F.

Tableau 57 : productivité

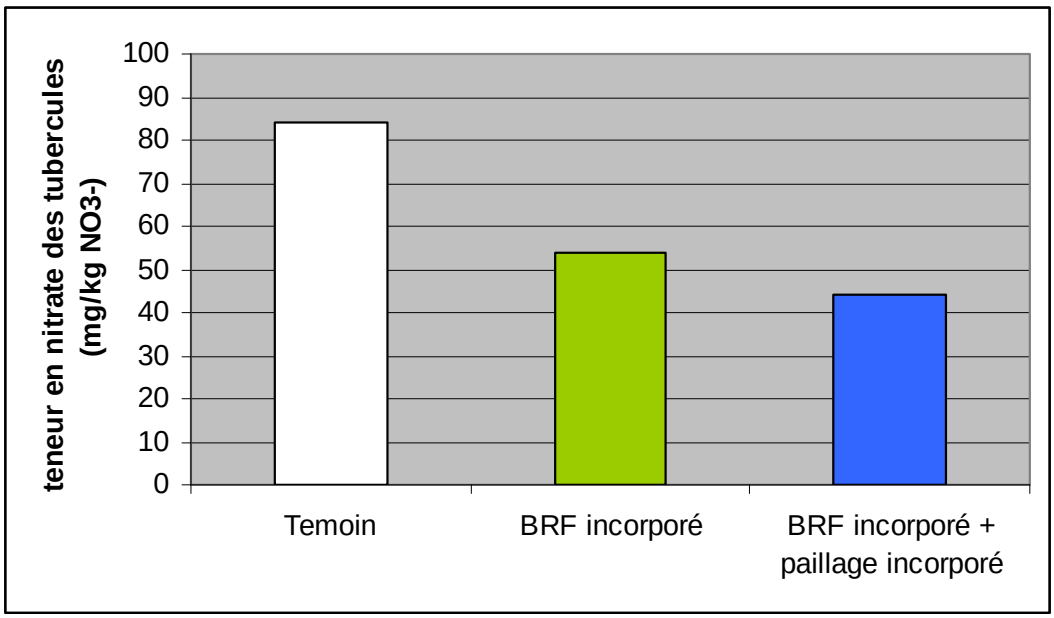
Modalités	Production en kg/m²
Témoin	6.4
BRF incorporé	6.9
BRF incorporé+ paillage	6.9

Aspects qualitatifs

Les apports de B.R.F. ont-ils eu un impact sur la qualité des produits récoltés ?
Aucune détérioration de la qualité des tubercules de pomme de terre n'est à signaler (piqûre de taupin, tubercule tâché, …) . Les pourcentage des déchets des différentes cultures sont très proches.

La teneur en nitrate de tubercules de pomme de terre est devenu un critère commercial pour de nombreux opérateurs. Des mesures ont été faites à chaque récolte.

Graphe 32 : teneur en nitrate des tubercules de pomme de terre



En moyenne, les teneurs en nitrate des tubercules de pomme de terre des modalités « B.R.F. » sont inférieures à celle du témoin.

Conclusions

Au terme de ces trois années d'expérimentation sur cette parcelle irriguée de pomme de terre primeur ou une culture de haricot s'est intercalée à l'automne 2009, il ressort suite aux apports de B.R.F. que :

- **la fertilité du sol** n'a peu été impacté, l'amélioration de la Réserve Utile (R.U.) en eau du sol est très limitée, l'état organique du sol n'a peu évolué, il n'a pas eu d'acidification du sol, la Capacité d'Echanges Cationique (C.E.C.) est inchangée, la concentration en éléments minéraux utilisables par les cultures n'est pas modifiée.
- **l'alimentation hydrique** des différentes cultures n'a été que légèrement améliorée la première année.
- **l'alimentation azotée** des différentes cultures n'a pas été influencé à l'exception de la faim d'azote enregistrée la première année sur la culture de pomme de terre suite à un apport certainement trop conséquent de B.R.F. Les 400 unités d'azote contenues dans les 250 m^3/ha de B.R.F. apportés n'ont pas perturbé la gestion de la fertilisation des cultures et n'ont pas été exposé à la lixiviation.
- **les incidences sur les bio-agresseurs** (taupins, taupes, limaces) ont été nulles.
- **la compaction du sol** a été limitée.
- **la productivité** a été accrue malgré une baisse sensible du rendement commercial de la culture de pomme de terre la première année due à une faim d'azote.
- **la qualité des produits** n'a pas été réellement modifiée.

Site 6

Olivier Dumont – Saint-Gilles – Costières

Le protocole expérimental

Situation géographique

La parcelle de Olivier Dumont se situe sur la commune de Saint-Gilles au sud du département du Gard annexe 1.

Le sol

Le sol a une texture limon argilo-sableux et ses principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous suite à une analyse de sol réalisée avant la mise en place de l'essai le 4/12/2008.

Bilan de fertilité

Tableau 58 : bilan de fertilité physique

Modalités	Texture	Teneur en argile	Réserve utile	Matière organique	pH (KCL)
témoin	Limon argilo-sableux	22.8%	57mm	3.20% moyen	7.7
BRF incorporé		22.6%	59 mm	3.19% moyen	7.8
BRF paillage		23.2%	61mm	3.19% moyen	7.7
Analyse statistique *		non significatif	non significatif	non significatif	non significatif

- Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'activité biologique est **moyenne** à faible.

Tableau 59 : bilan de fertilité chimique

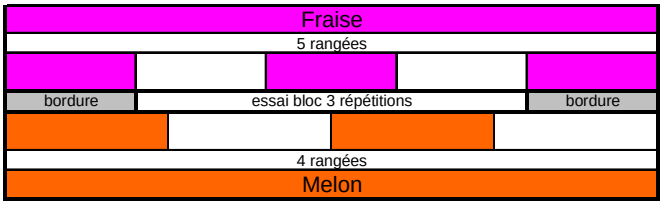
		Teneur en mg/kg			
Modalités	CEC * (me/kg)	P205	K2O	MgO	CaO
témoin	147 moyenne	2 614 très forte	648 très forte	387 forte	5 337 forte
BRF incorporé	156 moyenne	2 636 très forte	581 très forte	381 forte	5 335 forte
BRF paillage	156 moyenne	2 657 très forte	550 très forte	393 forte	5 489 forte
Analyse statistique *	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif

*CEC: Capacité d'Echange Cationique

En ce qui concerne les oligo-éléments, seule la teneur en **cuivre** est considérée comme **très élevée.**

Dispositif expérimental

Essai blocs à 3 répétitions, parcelle élémentaire de 6.4 m² (annexe 48).
En 2008, lors de la mise en place de l'essai, 5 rangées de fraise occupaient le tunnel. En 2011, Oliver Dumont a implanté 4 rangées de melon, ce qui rend inexploitable la partie centrale du tunnel, les parcelles élémentaires se chevauchant. Il a été décidé de réaliser un essai sur les 2 rangées de bordure avec seulement deux modalités, témoin et BRF incorporé. Les résultats 2011 sont présentés dans un document annexe « résultats 2011 » afin de garder la cohérence du protocole expérimental initialement prévu.



Modalités
Le test est constitué de trois modalités :
- témoin (sans apport de BRF), modalité représentant la pratique de l'agriculteur,
- BRF incorporé (250 m^3/ha) avant la plantation de fraise,
- **BRF paillage** (250 m^3/ha),épandu à la plantation des fraises et incorporé avant le semis d'une Culture Intermédiaire Piége A Nitrate (C.I.P.A.N.)

Mise en place des modalités :

Tableau 60 : les différentes modalités comparées au témoin

	BRF incorporé	BRF paillage incorporé
Origine	ECOVAL	Clemençon
Type	Déchets verts	Platane (Saint-Cômes)
	frais	frais
Dose en m^3/ha	250	250
Dose en t/ha	62	113
Epandage	04/12/2008	09/12/2008
Incorporation passage cultivateur	06/12/2008	27/06/2009
Paillage		09/12/2008

Photographie 8 : paillage de B.R.F. sur culture de fraise

Suivis cultural 2009-2011

	2009	2010	2011
Période	D ----> M	O ------->F M ---->J J ----------> M ---->J	O --->D
Culture	Fraise / Jeunes pousses	Persil / Jeunes pousses	Melon / Jeunes pousses

Cycle cultural : annexe 49

Résultats et observations

Bilan de fertilité du sol

Les **analyses de sol** réalisées à l'issue des **trois années d'expérimentation** donnent des indications sur les conséquences d'un apport de B.R.F. sur les propriétés du sol.

Fertilité physique

La réserve hydrique des sols

Parmi les nombreux bénéfices attendus suite à un apport de B.R.F., figure l'augmentation de la réserve hydrique des sols. La réserve en eau utile (R.U.) d'un sol est la différence entre la teneur en eau du sol à sa capacité de rétention (eau retenue par un sol ressuyé) et sa teneur en eau au point de flétrissement (eau restant dans le sol alors que les plantes flétrissement). Ces teneurs exprimées en grammes d'eau pour 1 000 g de terre, sont déterminées au laboratoire grâce à la mesure du pF 2.8 et du pF 4.2. Le pF est le logarithme de la force de rétention de l'eau par le sol. A la capacité de rétention (Pf 2.8), cette force de rétention correspond à 1/3 d'atmosphère. Au point de flétrissement (pF 4.2), la force de rétention correspond à 16 atmosphères.

Tableau 61: réserve utile

Modalités	Réserve utile en mm	Analyse statistique *
Témoin	58	*non significafif*
BRF incorporé	61	
BRF incorporé + paillage incorporé	59	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

La réserve utile du sol a été légèrement augmentée suite à un apport de B.R.F. incorporé. Elle n'a très peu évolué suite aux apports successifs de B.R.F. incorporé et de B.R.F. mis en paillage puis incorporé. Les différences observées ne sont pas statistiquement significatives.

L'état organique du sol

Le rapport C/N renseigne sur la richesse en de l'humus, en azote et sur l'activité biologique du milieu.

Tableau 62 : état organique

Modalités	Matière organique en g/kg	Analyse statistique *	C/N	Analyse statistique *
Témoin	34.5	*non significafif*	13.7	*non significafif*
BRF incorporé	34.4		15.0	
BRF incorporé + paillage incorporé	37.4		14.8	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les **apports de B.R.F**. **n'ont très peu influé la quantité de matière organique** présente dans le sol.

Les **rapport C/N** des trois modalités sont **très proches**. Pour le témoin, le rapport passe de 10.0 en 2008 à 13.7 en 2011, le taux de C organique a augmenté de prés de 7 % en 3 ans. Les apports de « B.R.F. » ont amplifiés cette augmentation.

Le pH

Il est redouté une acidification du sol suite à un apport de B.R.F. qui occasionnerait une perte de nutriments.

Tableau 63 : pH

Modalités	pH eau	Analyse statistique *	pH KCL	Analyse statistique *
Témoin	7.51	*non significafif*	7.25	*non significafif*
BRF incorporé	7.36		7.17	
BRF incorporé + paillage incorporé	7.31		7.16	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les valeurs sont très proches, **l'apport de B.R.F. n'a pas induit une acidification** du sol.

Fertilité chimique

Le réservoir et les équilibres

Le sol est un réservoir d'éléments fertilisants qui se juge aussi bien en quantité (concentration de chaque élément) qu'en qualité (équilibre entre les éléments).

La capacité d'échange cationique (C.E.C.)

La C.E.C. indique la capacité d'un sol à stocker les cations (Ca, K, Mg, Na, H). Elle varie selon le pourcentage d'argile du sol et de sa teneur en humus.

Tableau 64 : capacité d'échange cationique

Modalités	C.E.C. en me/kg	Analyse statistique *
Témoin	115.7	*non significafif*
BRF incorporé	115.9	
BRF incorporé + paillage incorporé	117.7	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

L'apport de 250 m^3/ha de B.R.F. correspond à un apport d'humus stable de 18 t/ha. Une amélioration de la C.E.C. est attendue. Elle n'est pas significative, quelque soit la stratégie d'apport.

La C.E.C. était jugée « moyenne »lors de la première analyse en 2008. Le taux de saturation de la C.E.C. qui indique le remplissage de ce réservoir d'éléments nutritifs doit être supérieur à 80%. Pour les trois modalités, il dépasse les 150%.

Concentration des éléments minéraux

Tableau 65: concentration des éléments minéraux

Modalités	P2O5	Analyse statistique *	K2O	A S	MgO	A S	CaO	A S
Témoin	1411	*non significafif*	486	*N S*	327	*N S*	4356	*N S*
BRF incorporé	1367		482		331		4413	
BRF incorporé + paillage incorporé	1392		473		334		4276	

- Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les apports de B.R.F. n'ont pas modifié la concentration des éléments minéraux utilisables par les cultures. La concentration en oligo-éléments, Cu, Zn, Mn, Fe, n'a pas changé. Les ratios d'équilibre entre éléments, K2O/MgO, CaO/K2O, MO/Cu, P2O5/Zn, CaO/MgO n'ont pas évolué suite aux apports de B.R.F.

La rétention d'eau dans la couche superficielle du sol

Des sondes « watermark » ont été installées sur chaque parcelle élémentaire selon le protocole détaillé en annexe 11. Un relevé hebdomadaire a permis de suivre l'évolution de la teneur en eau des différentes modalités des différentes cultures annexe 50.
Cette parcelle a la réserve utile de 59 mm, elle est irriguée.

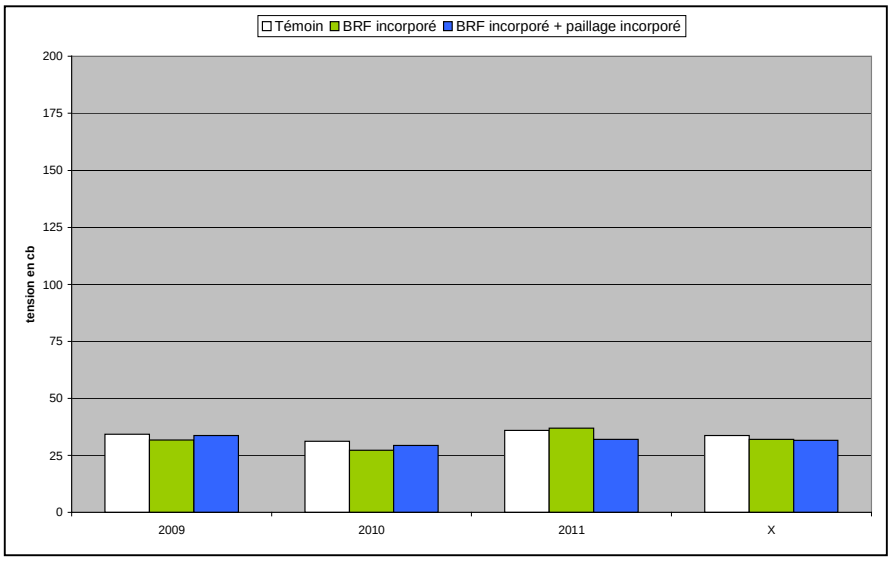
Tableau 66 : tensions moyennes annuelles

Modalités	2009	Analyse statistique *	2010	A S	2011	A S
Témoin	34	*non significatif*	31	*N S*	36	*N S*
BRF incorporé	32		27		37	
BRF incorporé + paillage incorporé	34		29		32	

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Les **tensions moyennes** mesurées sur les trois modalités sont **très proches**. Le sol caillouteux des Costières de Nîmes (cailloutis villafranchiens) induit un certain confort hydrique.

Graphe 33 : suivi tensiomètrique



Etat azoté du sol

Les 250 m^3/ha apportés représentent une importante quantité d'humus (18 t/ha) et contiennent prés de 400 unités d'azote. Quelles ont été les répercussions sur l'état azoté du sol ?
Selon la méthode d'analyse rapide nitrate (Nitratest), le statut azoté du sol a été évalué à différentes périodes selon le protocole détaillé en annexe 13. Le détail du suivi se trouve à l'annexe 51.

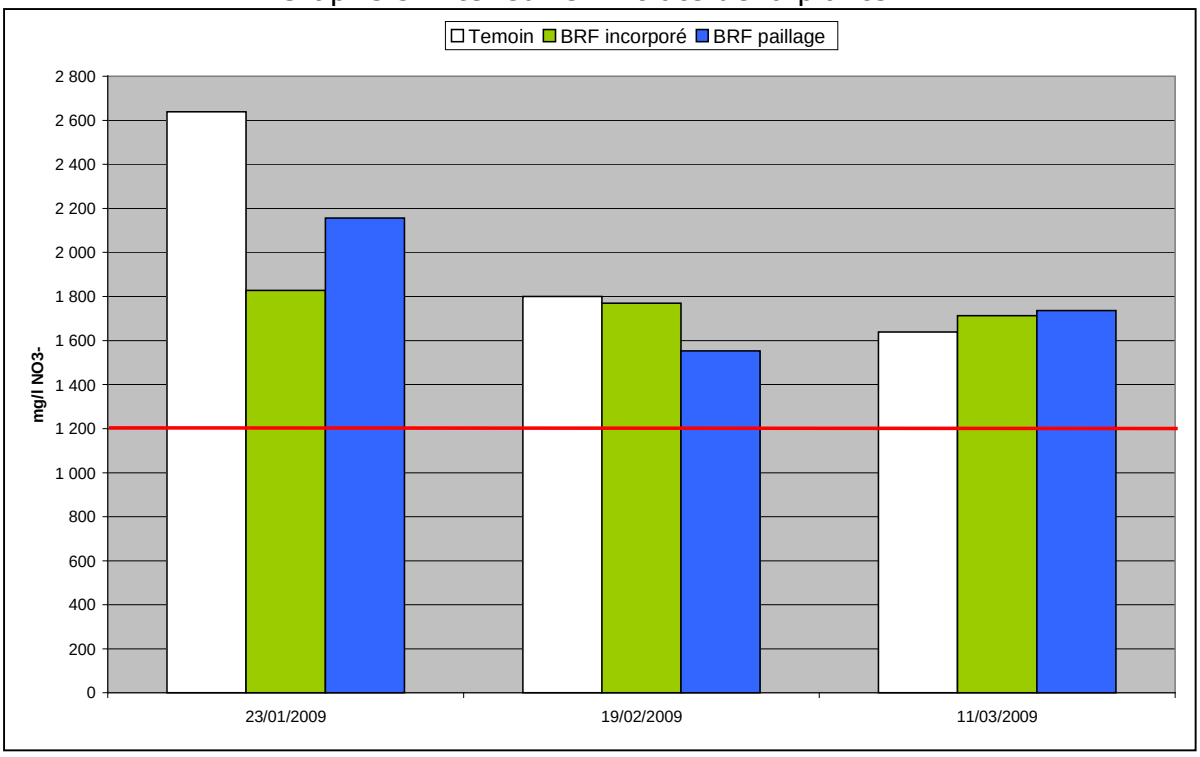
Il apparaît que **les apports de B.R.F. n'ont pas modifié considérable la teneur en azote du sol**. Durant les trois années de suivi réalisées sur dix cultures différentes (fraise, 6 salades jeunes pousses, persil, melon), les courbes des deux modalités « B.R.F. » sont très **globalement très proches**. Les variations de mesures n'excédent pas 20 mg/l de nitrate.
Il n' y a pas eu de restitution des 400 unités d'azote contenues dans le B.R.F. Le risque de lixiviation du nitrate redouté a été écarté.

Etat azoté de la plante

Les trois culture de pomme de terre ont faut l'objet d'un suivi PILazo. Le principe de cette méthode est décrit en annexe 15.

Les mesures effectuées lors de la première année de suivi sur une culture de fraise a permis de vérifier les répercussions d'un apport de B.R.F. sur la gestion de la fertilisation azotée.
La teneur en nitrate des pétioles de fraise des différentes modalités est supérieure au seuil de re-fertilisation de 1 200 mg/l NO3-. La **culture n'a pas été affectée par une faim en azote** .
La deuxiéme année, les écarts se réduisent considérablement pour s'estomper la troisième année.

Graphe 34 :teneur en nitrate de la plante



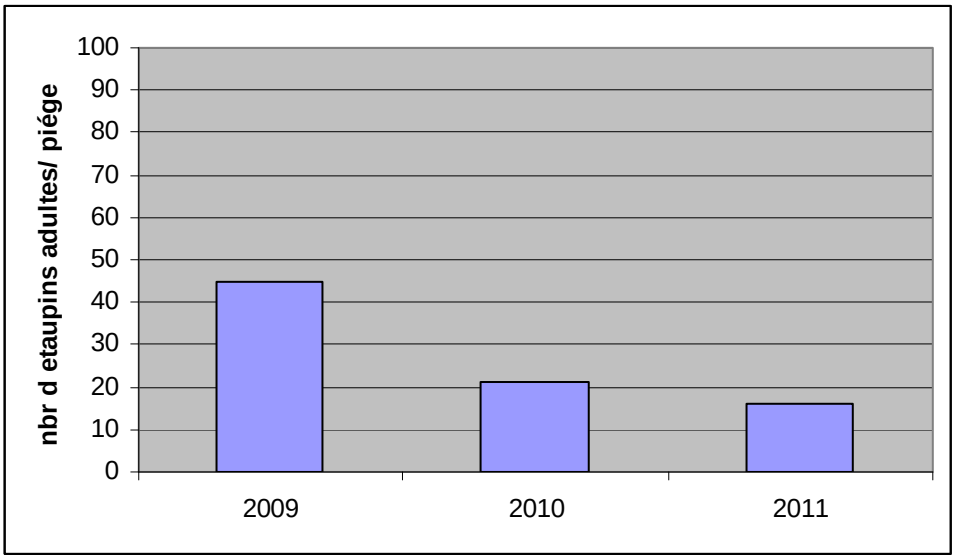
Incidences des apports de B.R.F.

Sur les populations de taupins

La taupin occasionne d'importants dégâts dans le Gard. Il affectionne les sols riches en matière organique. Un apport de B.R.F. peut-il contribuer à augmenter la pression de ce ravageur ? L'importance de la pression de ce bio-agresseur est estimée à partir du piégeage des adultes avec des phéromones (annexe 19).

Les **apports de B.R.F. n'ont pas provoqué une augmentation du nombre d'adultes de taupin**.

Graphe 35 : nombre de taupins adultes/piége



Sur la température du sol

Des sondes de température Tinytag ont été implantées sur une des trois répétitions de chaque modalité selon la protocole en annexe 22. La température du sol a été mesurée du 13 janvier au 26 mai 2009 et du 2 décembre 2009 au 16 mars 2010.

Tableau 37 : températures moyenne du sol

	2009		2010	
Modalités	Température en °C	Variation/témoin en °C	Température en °C	Température en °C
Témoin	16.44		9.72	
BRF incorporé	16.35	- 0.09	9.61	- 0.11
BRF incorporé + paillage incorporé	15.78	-0.65	9.72	0

Le degré de précision des sondes est de 0.35 °C.

En 2009, une **perte thermique** est enregistrée, notamment sur la modalité « BRF paillage » qui n'est pas encore incorporé à l'époque. Pour l'autre modalité , « BRF incorporé » l'écart de température avec le témoin est quasiment nul.
En 2010, on ne note plus de différence entre les modalités.

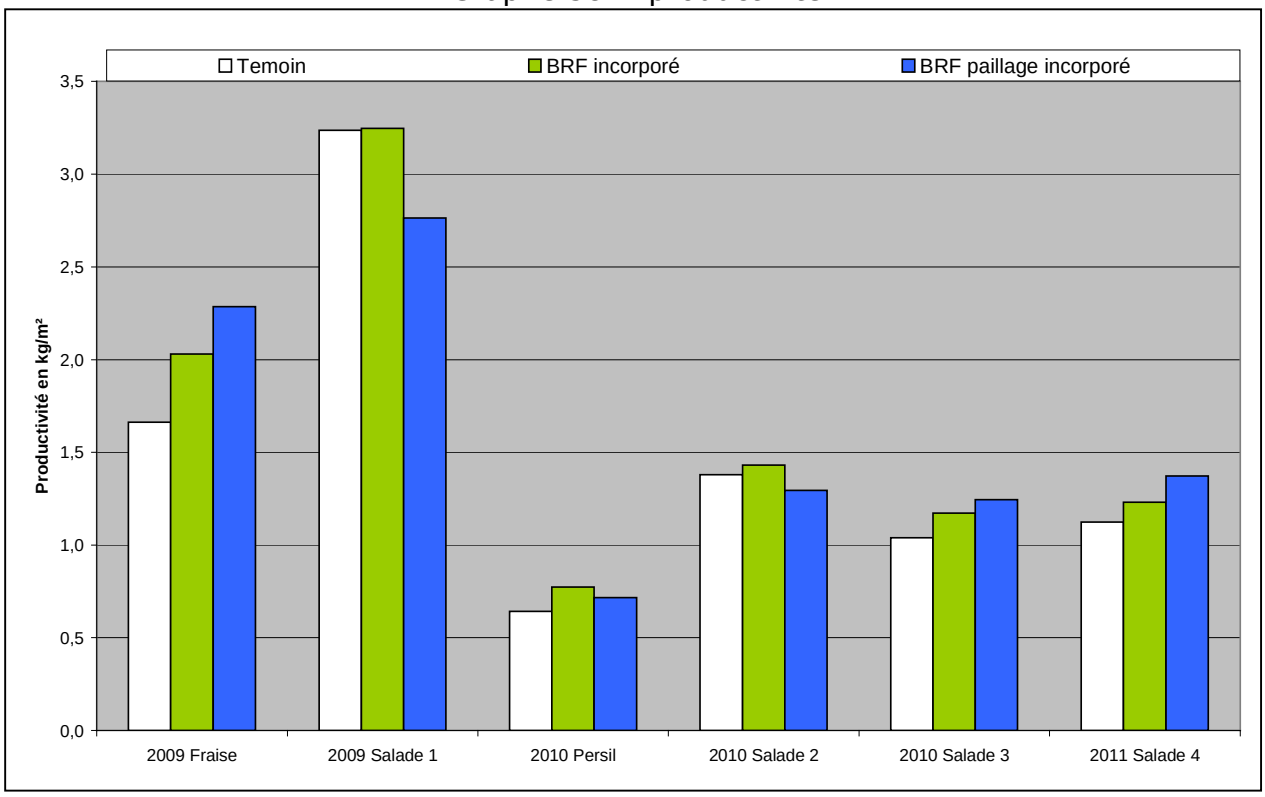
L'analyse des données horaires moyennées (annexe 52) fait apparaître des différences importantes en 2009. Pour modalité « BRF paillage » l'écart avec le témoin est le plus faible à 10h00 et le plus important à 19h00. Toute le journée, les valeurs sont inférieures à celles du témoin.
Pour la modalité « BRF incorporé » avec un paillage plastique, les valeurs sont supérieures au témoin le matin et inférieures au témoin l'après-midi avec un pic vers les 19h00.

Résultats agronomiques

Productivité

Afin de faciliter l'interprétation et la lecture des résultats, la productivité de chaque culture est cumulée. Ainsi, la production de fraises (2009) est additionnée aux productions de salade jeunes pousses et de persil (2009, 2010 et 2011).

Graphe 38 : productivité



Après trois années de suivi, il apparaît que **les apports de B.R.F. ont améliorés la productivité** de la parcelle. Une analyse plus fine des résultats montrent une très bonne réponse de la culture de la fraise à un apport de B.R.F., notamment sous forme de paillage. Par contre, cette même modalité une fois le B.R.F. incorporé on note une baisse temporaire de la productivité sur la culture de salade jeunes pousses qui suit. Malgré cet incident certainement lié à la décomposition de du B.R.F., la productivité cumulée des différentes productions cultures s'est accrue de prés de 7% suite à un apport de B.R.F. sous forme de paillage et de prés de 9% suite à un apport de B.R.F. incorporé.

Tableau 67 : productivité

Modalités	Production en kg/m²
Témoin	9.1
BRF incorporé	9.9
BRF incorporé+ paillage	9.7

Aspects qualitatifs

Les apports de B.R.F. ont-ils eu un impact sur la qualité des produits récoltés ?
Aucune détérioration de la qualité des fraise, des salades, du persil n'est à signaler . Les pourcentage des déchets des différentes cultures sont très proches.

Le taux de sucre et l'acidité des fraises a été mesuré la première année. **Les résultats sont très proches**.

Tableau 68 : taux de sucre et acidité

Modalités	Taux de sucre en % Brix	Analyse statistique *	Acidité en méq NaOH 1N/100 g de pulpe)
Témoin	8.7	*non significatif*	12.6
BRF incorporé	8.8		12.1
BRF paillage	9.0		12.5

* Test de Newman&Keuls (seuil 5%)

Conclusions

Au terme de ces trois années d'expérimentation sur cette parcelle irriguée de pomme de terre primeur ou une culture de haricot s'est intercalée à l'automne 2009, il ressort suite aux apports de B.R.F. que :

- **la fertilité du sol** n'a peu été impacté, l'amélioration de la Réserve Utile (R.U.) en eau du sol est très limitée, l'état organique du sol n'a pas évolué pour la modalité « BRF incorporé », il est légèrement améliorer pour la modalité « BRF paillage incorporé », il n'a pas eu d'acidification du sol, la Capacité d'Echanges Cationique (C.E.C.) est inchangée, la concentration en éléments minéraux utilisables par les cultures n'est pas modifiée.
- **l'alimentation hydrique** des différentes cultures n'est pas améliorée.
- **l'alimentation azotée** des différentes cultures n'a pas été influencé à l'exception de la faim d'azote enregistrée la première année sur la culture de salade jeunes pousses suite à l'incorporation du B.R.F mis sous forme de paillage sur la culture de fraise. Les 400 unités d'azote contenues dans les 250 m^3/ha de B.R.F. apportés n'ont pas perturbé la gestion de la fertilisation des cultures et n'ont pas été exposé à la lixiviation.
- **les incidences sur les bio-agresseurs** (taupins, taupes, limaces) ont été nulles.
- **la productivité** a été accrue.
- **la qualité des produits** n'a pas été réellement modifiée.

V Approfondissement méthodologique

Une fois l'expérimentation terminée, l'expérimentateur pose un regard critique sur le travail accompli et se pose souvent la question : **si c'était à refaire ?**
Mettre en place une expérimentation, c'est faire des choix qui s'avèrent plus ou moins judicieux par la suite. Dans cette partie, nous voulons attirer l'attention sur les points qui peuvent être améliorer ou qui mériteraient d'être approfondis.

Choix des parcelles

Un calendrier contraint, les délais des laboratoires d'analyses de sols, nous ont obligé de choisir les parcelles d'expérimentation avant d'avoir les résultats des analyses.
L'état humique, la réserve utile, la CEC sont d'autant de paramètres qui auraient du intervenir dans le choix des parcelles. A la lecture des résultats des analyses de sol, il est apparu **une forte diversité des parcelles**. La richesse en matière organique ainsi que l'importance de la réserve utile de certaines parcelles ont surpris. L'effet B.R.F. est, dans ces conditions plus difficile, à démontrer.

Le nombre de site

Nous avions fait de choix de **démultiplier le nombre de site** afin d'appréhender au mieux la diversité du maraîchage gardois (type de sol, espèces cultivées, type de production, accès à l'irrigation,…). Ce choix s'avère judicieux au vu des nombreux facteurs susceptibles d'influer sur les conséquences d'un apport de B.R.F. Il n'y a pas de réponse type, ce qui rend obligatoire de tester cette technique dans chaque contexte pédo-climatique.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental choisi, essai blocs à 3 répétitions, a fait l'objet d'une réflexion avec Bernard Barthés de l'IRD et de Frédéric Launay de l'AERMC. Il est un compromis entre le soucis d'avoir des parcelles élémentaires de tailles significatives et l'exigence de pouvoir avoir un traitement statistique des données.
Des **parcelles élémentaires de 25 à 40 m²** semblent répondre aux exigences d'acquisition de références et de repérage dans le temps des parcelles. La taille permet aussi, une mise en place manuelle des différentes modalités.

La plupart du temps, trois répétitions s'avèrent insuffisantes pour **mettre en évidence des différences statistiques**. A titre d'exemple, pour les données relatives au sol, la puissance à posteriori pour un risque de se tromper de 5% et pour une différence de 10% est en moyenne entre 40 et 50%. Cela se traduit par une probabilité de moins d'une chance sur deux de pouvoir mettre en évidence une différence de 10% en ayant 5 % de chance de se tromper. Pour améliorer cette probabilité, il faudrait avoir **au moins 4 répétitions**, même si cela alourdi considérablement la conduite de l'essai.

Les données acquises sur le site de l'ASPI, dont le dispositif expérimental ne prévoyait pas de répétition, n'ont plus être exploitées.

Le temps passé à re-implanter après chaque culture le dispositif expérimental a été sous-estimé. La présence de repères fixes (arbres, piquets en fer, …) s'avère fort utile.

Modalités d'application du B.R.F.

Si la dose de 250 m^3/ha s'est imposée rapidement, le choix des modalités d'application a été plus compliqué. Nous avions le soucis de ne pas dépasser trois modalités, en comptant un témoin sans B.R.F. Il restait que deux possibilités d'application, l'incorporation et le paillage. Les possibilités de mise en œuvre (matériel d'épandage et temps) nous ont poussé à préférer un seul apport à dose pleine.
Avec le recul, les apports uniques suivis d'une incorporation ne s'avèrent pas adaptés à la problématique maraîchère. La quantité de matière organique à digérer par le sol est souvent trop importante. Le paillage peut présenter un certains nombres d'avantages notamment la limitation de l'évaporation du sol.
Son influence sur le contrôle des adventices est assez décevant. La maîtrise des adventices étant devenue une des principales problématiques en maraîchage, le retournement du sol est souvent indispensable pour éviter la prolifération des mauvaises herbes. Un apport de B.R.F. sous forme de paillage en début de culture sera une fois la récolte terminée suivi d'une incorporation dans les premiers centimètres du sol. Cette technique mériterait d'être approfondie.

Evaluation des effets sur l'alimentation hydrique des plantes

Nous avions choisi deux indicateurs, la réserve utile du sol déterminée à partir d'une analyse de sol et la tension en eau du sol mesurée à partir de sondes watermark.

Concernant la réserve utile, deux observations peuvent être faites. Deux parcelles sur cinq avaient déjà une réserve utile conséquente avant l'apport de B.R.F. L'amélioration de la capacité de rétention en eau est surtout attendue sur des sols à faible réserve utile. Une des deux parcelles n'était pas arrosée, ce qui atténu ce regret.
La seconde, concerne la profondeur du prélèvement. Nous avons opté pour des prélèvements de sol à 30 cm. N'y a t'il pas eu un effet de dilution ? N'aurait-il pas fallu se limiter à la couche superficielle du sol avec un prélèvement à 15 cm ?

Au niveau des suivis tensiométriques réalisés sur chaque culture, le choix a été fait d'équiper chaque parcelle élémentaire d'une sonde mais de les installer à la seule profondeur de 15 cm. La dernière année d'essai, nous avons implanté des sondes supplémentaires à 30 cm de profondeur sur le site d'Arpaillargues. Cette information complémentaire n'a pas modifié notre analyse sur l'effet d'un apport de B.R.F. sur l'alimentation hydrique des plantes.

L'appréhension de la faim d'azote

Nous avons fait le choix de ne pas anticiper la faim d'azote par un apport azoté, ni de l'ignorer, mais plutôt de la détecter à l'aide de mesures basées sur des prélèvements de sol et/ou de plants. Ce qui nous a permis de vérifier que la faim d'azote n'était **pas systématique** et qu'elle pouvait être gérée sans amputer la culture d'une partie de sa production. Cela demande une **maîtrise fine de la gestion de la fertilisation azotée** des cultures. Sur le site de Montfrin, les fertilisations complémentaires ont été sous-évaluées. Si c'était à refaire, la perte de productivité pourrait être contrôlée.
Certaines cultures semblent plus sensibles, la pomme de terre notamment. Il faudrait peut-être éviter de les implanter l'année qui suit un apport de B.R.F.

VI Synthèse des résultats obtenus lors de trois années d'expérimention

Dans cette dernière partie, une présentation synthétique des résultats de cette troisième année d'expérimentation est proposée. Suite à un apport de B.R.F., certains **bénéfices** sont **attendus** (augmentation de la réserve en eau du sol, meilleure alimentation hydrominérale des plantes, résistance accrue de certains bio-agresseurs,…). Par contre, certains **inconvénients** sont **redoutés** (faim d'azote, recrudescence de certains ravageurs – taupins – escargots – limaces, baisse de productivité, …).

Quatre indicateurs ont été retenus afin de refléter les conséquences d'un apport de B.R.F.:

- irrigation, durant les trois années de suivi, la mesure tensiométrique du sol permet de quantifier l'influence d'un apport de B.R.F. sur l'alimentation hydrique des cultures.

Incidence d'un apport de B.R.F. sur l'alimentation hydrique de la culture		
O	O	O
amélioration	aucune	détérioration

- fertilisation azotée, durant les trois années de suivi, la mesure de la teneur en azote du sol et/ou la mesure de la teneur en azote dans la plante permettent de vérifier l'influence d'un apport de B.R.F. sur l'alimentation azotée de la plante et de mettre en évidence une faim d'azote préjudiciable à la culture.

Incidence d'un apport de B.R.F. sur l'alimentation azotée de la culture		
O	O	O
amélioration	aucune	détérioration (faim d'azote)

- bio-agresseurs, différents suivis des ravageurs des cultures (piégeages taupins, escargots, limaces) complétés par des notations de dégâts des cultures ou de récoltes permettent de savoir l'impact d'un apport de B.R.F. sur le contrôle ou la recrudescence des bio-agresseurs.

Incidence d'un apport de B.R.F. sur les bioagresseurs		
O	O	O
contrôle	aucune	recrudescence

- productivité de la culture, ce dernier indicateur permet de prendre en compte à la fois les répercussions quantitatives (rendement commercial, % de déchets, calibre) et les répercussions qualitatives (taux de sucre, taux de protéines, catégorie, …) qui résultent d'un apport de B.R.F. Il reflète **l'incidence économique**.

Incidence d'un apport de B.R.F. sur la productivité		
O	O	O
amélioration	aucune	détérioration

Irrigation

Site 2 - Saint-Hilaire de Brethmas	BRF incorporé	BRF incorporé + BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O
2011	O	O

Site 3 - Arpaillargues		BRF paillage
2009		O
2010		O
2011		O

Site 4 - Bourdic	BRF paillage incorporé
2009	O
2010	O
2011	O

Site 5 - Montfrin	BRF incorporé	BRF incorporé + BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O
2011	O	O

Site 6 - Saint-Gilles	BRF incorporé	BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O O	O O
2011	O	

Les cultures du site 2, du site 3 ainsi que le site 4 en 2009 et 2011 n'étaient pas irriguées. Les cultures des sites 5 et 6, ainsi que le site 4 en 2010, étaient arrosées.

Les apports de B.R.F. n'ont eu que **peu d'incidence sur la réserve utile des sols**. Les effets sur l'alimentation hydrique des plantes ne sont ressentis que les deux premières années d'essai sur le site 3 asperge non irriguée et le site 5 pomme de terre/haricot.

Les stratégies d'apports (incorporation, paillage, paillage incorporé) ne se différencient pas vraiment.

La **réserve utile élevée** mesurée sur certains sites (sites 3 et 4) et le **confort hydrique** observé au niveau du pilotage des irrigations des sites 5 et 6, ont certainement limités les effets des apports de B.R.F.

Les tendances observées sur certains sites, la première et la seconde année, s'estompent à partir de la troisième année.

Fertilisation azotée

Site 2 - Saint-Hilaire de Brethmas	BRF incorporé	BRF incorporé + BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O
2011	O	O

Site 3 - Arpaillargues		BRF paillage
2009		O
2010		O
2011		O

Site 4 - Bourdic	BRF paillage incorporé
2009	O
2010	O
2011	O

Site 5 - Montfrin	BRF incorporé	BRF incorporé + BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O
2011	O	O

Site 6 - Saint-Gilles	BRF incorporé	BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O
2011	O	

La bibliographie fait état de possible **faim d'azoté** suite à un apport de B.R.F. Les 250 m^3/ha apportés représentent une importante quantité d'humus (18 t/ha) et contiennent prés de **400 unités d'azote**. Les apports de B.R.F. ont t'ils eu des répercussions sur l'état azoté du sol et ont t'ils perturbé l'alimentation azotée des plantes?

Les mesures d'azote basées sur des prélèvements de sol et/ou de plantes, nous ont permis de détecter des faims d'azote **uniquement la première année** et sur seulement 3 sites. La faim d'azote n'est donc **pas systématique.**
Elles ont concerné des cultures de pomme de terre et une céréale. Des **compensations azotées** ont parfois été faites mais de manière trop limitée pour empêcher une perte de productivité qui peut être forte. Une **maîtrise fine de la gestion de la fertilisation azotée** des cultures est nécessaire.
Le fractionnement en deux apports de 125 m^3/ha de B.R.F. sur 2 ans, semble préférable à un apport unique de 250 m^3/ha.

Aucune libération intempestive d'azote contenu dans le B.R.F. n'a été observée. Le risque de lixiviation du nitrate redouté a été écarté.

Bio-agresseurs

Site 2 - Saint-Hilaire de Brethmas	BRF incorporé	BRF incorporé + BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O
2011	O	O

Site 3 - Arpaillargues		BRF paillage
2009		O
2010		O
2011		O

Site 4 - Bourdic	BRF paillage incorporé
2009	O
2010	O
2011	O

Site 5 - Montfrin	BRF incorporé	BRF incorporé + BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O O
2011	O	O

Site 6 - Saint-Gilles	BRF incorporé	BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O
2011	O	

Outre une faim d'azote, il est souvent redouté une recrudescence des ravageurs suite à un apport de B.R.F.

Sur l'ensemble des 5 sites, **la présence de limaces, d'escargots n'a pas été constatée**. La **taupin**, omniprésent dans le Gard, occasionne d'importants dégâts. Le fort apport de matière organique que représente l'épandage de B.R.F. était susceptible de favoriser les attaques de larves de taupin. **Aucun dégât** n'a été constaté. Les populations de larves et d'adultes n'ont pas évolué.

Il est à noter la venue de **sangliers** suite à l'apport de B.R.F. paillage sur la parcelle d'asperge d'Arpaillargues. Le B.R.F. a été remué sans occasionné de dégâts à la culture. En 2010, l'attaque de la **mouche de l'asperge** a été plus limitée sur la modalité B.R.F. sans que la différence ne soit statistiquement significative.

Des **taupinières** ont été observées sur le site de Saint-Hilaire de Brethmas en 2010 et 2011. Leur nombre était plus limité sur les parcelles ayant bénéficié d'un apport de B.R.F. sans que la différence ne soit statistiquement significative.

Productivité

Site 2 - Saint-Hilaire de Brethmas	BRF incorporé	BRF incorporé + BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O
2011	O	O

Site 3 - Arpaillargues		BRF paillage
2009		O
2010		O O
2011		O

Site 4 - Bourdic	BRF paillage incorporé
2009	O
2010	O
2011	O O

Site 5 - Montfrin	BRF incorporé	BRF incorporé + BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O O
2011	O	O

Site 6 - Saint-Gilles	BRF incorporé	BRF paillage incorporé
2009	O	O
2010	O	O
2011	O	

Globalement les apports de B.R.F. ont permis d'**accroître la productivité des cultures**. Même les sites (2, 4 et 5) ou des **faims d'azote** ont pénalisé la productivité la **première année**, le résultat est positif à la fin de la troisième année. Il conviendra de mieux gérer la fertilisation azotée suite à un apport de B.R.F. pour optimiser la productivité des cultures.

Même si les résultats sont très proches, il semble préférable de **fractionner en deux apports de 125 m^3/ha** l'apport en B.R.F. épandu sous forme de paillage. Un meilleur **contrôle des adventices** a été observé sans pour autant représenter une alternative au désherbage chimique ou au paillage plastique.

Comment expliquer l'amélioration de la productivité mesurée suite à un apport de B.R.F. ?

La gestion des irrigations ou de la fertilisation azotée ne semblent en être à l'origine.

La **fertilité physique** et la **fertilité chimique** sont accrues.

Sur l'ensemble des sites, **une moindre compaction des sols** a été constatée favorisant le développement du système racinaire des cultures.
Le taux de matière organique est légèrement plus important, la **capacité du sol à stocker les cations** est accrue. Les cultures sont mieux alimentées.

Dans une moindre mesure, le meilleur contrôle des adventices **limite la concurrence des adventices**.

VII Conclusions

Le travail entrepris par la Chambre d'Agriculture du Gard n'avait pas pour vocation de répondre à toutes les questions posées par la mise en œuvre de cette nouvelle technique. Il se proposait dans un premier temps, de vérifier l'**intérêt** des B.R.F. pour les **maraîchers** en **conditions méditerranéennes**, et dans une second temps de préciser son **mode d'emploi**.

Cela a représenté un **travail colossal** :
- 2683 mesures tensiométriques,
- 2817 prélèvements de sol,
- 714 analyses de nitrate dans le sol,
- 181 analyses de nitrate pétiolaire,
- 86 analyses de sol,
- 10 cultures,
- 6 sites
- 3 années de suivis.

Un travail réalisé chez 6 agriculteurs et avec l'aide de 4 stagiaires.

Que retenir ? Quelles ont été les conséquences d'un apport de 250 m^3/ha de Bois Raméal Fragmenté ?

La fertilité des sols n'est que peu impactée. L'augmentation de la Réserve Utile (RU) en eau des sols est très limitée ou nulle. Certaines parcelles avaient une RU déjà conséquente avant les apports de B.R.F.

L' état organique des sols a peu évolué. Il s'est légèrement amélioré sur deux sites.

Les analyses complémentaires réalisées sur un site portant sur la qualité organique et biologique du sol, indiquent une tendance à augmenter la Matière Organique libre du sol (réserve à moyen terme et fertilité biologique), à augmenter la quantité de biomasse microbienne (la vie du sol), et la quantité de carbone potentiellement minéralisable (réserve énergétique du sol) et à limiter la disponibilité de l'azote.

Il n'y a pas eu d'acidification du sol. La Capacité d'Echanges Cationique (C.E.C.) est légèrement accrue sur deux sites. La concentration en éléments minéraux utilisables par les cultures n'est pas modifiée.

L'alimentation hydrique des cultures, mesurée à l'aide de tensiométres, n' est que légèrement améliorée la première et la deuxiéme année sur trois sites.

L'alimentation azotée des cultures n'est que très peu modifiée. Sur certains sites, pour certaines modalités et souvent que la première année, des faims d'azote ont été détectées mais pas suffisamment compensée. Il est techniquement possible avec les outils de pilotage de la fertilisation azotée des cultures légumières (Nitratest, PILazo) de détecter et de contrôler les effets sur la productivité des faims d'azote.

Le risque de lixiviation du nitrate est écarté. Les 400 unités d'azote contenues dans les 250 m^3/ha de B.R.F. n'ont pas été exposées au lessivage.

Les incidences sur les bio-agresseurs sont nulles. Aucune attaque de limace, d'escargot n'est à signaler. Le taupin, un des principaux ravageurs du département n'a pas été favorisé par l'apport important en humus du B.R.F.

Le contrôle des adventices est amélioré sur deux sites pour la modalité « paillage » mais uniquement l'année de l'apport. Le B.R.F. épandu sous forme de paillage est incorporé au sol lors de la destruction de la culture.

La compaction du sol est limitée. L'impact d'un apport de B.R.F. sur la structure du sol est significatif.

La productivité est accrue malgré les baisses de rendement enregistrées sur certains sites la première année.

La qualité des produits est détériorée sur blé (faim d'azote), améliorée sur melon, inchangée sur les autres espèces.

Les **hypothèses de travail** choisies, acquisition de références chez des agriculteurs, dose unique, gestion des faims d'azote, insertion dans l'itinéraire cultural de chaque agriculteur, témoin sans B.R.F… se sont avérées **pertinentes**. Nous regretterons de ne pas avoir renforcé le dispositif expérimental avec une répétition de plus, soit quatre, afin d'améliorer le traitement statistique des données. De même, une compensation en azote plus importante des faims d'azote détectées aurait limité les pertes de récolte.

Il est **difficile de prendre en compte de la diversité** des sols, des cultures, des pratiques, du climat (effet année)… Suite à ce premier travail d'expérimentation, il faudra que chaque producteur valide dans ses propres conditions, la pertinence d'un apport de B.R.F. Le ou les modes d'emploi devront être affinés notamment en ce qui concerne les espèces à utiliser pour fabriquer du B.R.F. et les stratégies d'apport (fractionnement de la dose).

A court terme, l'**approvisionnement** en B.R.F. peut être un problème. Les agriculteurs devront créer leur propre ressource à l'échelle de leur exploitation. L'**arbre** doit faire ou refaire son entrée au sein des exploitations apportant ainsi une réponse à d'autres problématiques comme la protection au vent (sécurisation de la production), zone refuge pour les auxiliaires (protection sanitaire des cultures), mais aussi la protection des captages (effet pompe à nitrate), la séquestration du carbone, …

La technique du B.R.F. est **un outil** de plus **à la disposition des agriculteurs**. Le B.R.F. ne résout pas toute les problématiques rencontrées par les maraîchers, mais contribue à l'amélioration des pratiques culturales à moyen terme.

Augmenter la capacité de rétention en eau des sols, en cultures légumières, par l'utilisation des Bois Raméaux Fragmentés

Annexes du compte-rendu d'expérimentation

Service Développement économique des filières &
Service Environnement et Territoires

Juin 2012

Bibliographie

Domenech G., Henry D. et Tissaux J-C., **2006**. Le BRF : état général des connaissances. Aggradation n°3, pp 4 .

Guay E., Lapointe R-A.et Lachance L., **1982**. Observatoires sur l'emploi de résidus forestier et de lisiers chez trios agriculteurs : Carrier, Fournier et Marcoux. Rapports techniques n°1, 34 pages. Ministères de l'énergie et des ressources, Québec.

Lemieux G., Lachance L., **2000**. Une tentative d'évaluation de la technologie BRF pour des fins maraîchères. Rapport de pré-faisabilité. Publication n°120, pp 7.

LinèresM.et Djakovitch J.L., **1993**. Caractérisation de la stabilité biologique des apports organiques par l'analyse biochimique matières organiques et agriculture. 4 éme journée de l'analyse de terre et éme forum de la fertilisation raisonnée. Pp159-168.

Robin D., **1997**. Intérêt de la caractérisation biochimique pour l'évaluation de la proportion de matière organique stable dans le sol et classification des produits organominéraux. Agronomie, 17, 157-171

Acronymes et abréviations

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

AFNOR : Association Française de NORmalisation

APCA : Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture BMAF : association Bois Mort, Agriculture et Forêt

BRF : Bois Raméal Fragmenté

CA30 : Chambre d'Agriculture du Gard

CALR : Chambre d'Agriculture du Languedoc Roussillon

CCI : Chambre de Commerce et d'Industrie

Cemagref : institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement

CG30: Conseil général du Gard

CRPF : Centre Régional de la Propriété Forestière

DDE: Direction Départementale de l'Equipement

ECOCERT : organisme de contrôle et de certification

ENGREF : Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts

EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale

GCBR : Groupe de Coordination des Bois Raméaux

IRD : Institut pour la Recherche et le Développement

ONF: Office National des Forêts

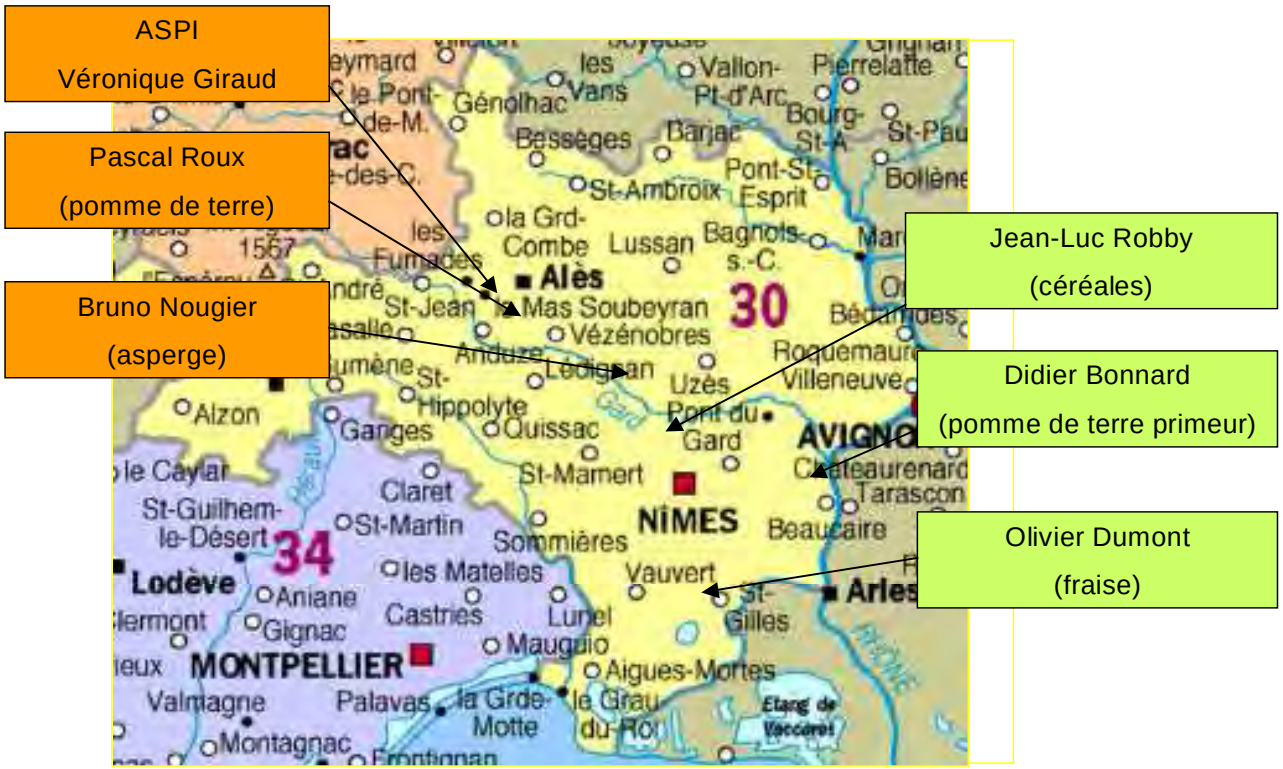
SMAGE des Gardons : Syndicat Mixte pour l'Aménagement et la GEstion des Gardons

SMBVV : Syndicat Mixte du Bassin Versant du Vistre

UNEP : Union Nationale des Entrepreneurs du Paysage

Annexe 1 : Localisation des sites gardois

Les 6 sites gardois



Annexe 2 : analyses de sol

Analyses échantillons de sol

Echantillonnage :
Pour chaque modalité, l'échantillon de terre analysé correspond au mélange de terre de 9 carottages . Les prélèvement ont été effectués sur l'horizon 0-30 cm à l'aide d'une tarière à gouge d'un diamètre de 1.4 cm.

Laboratoire :

Lara Europe Analyse
1, impasse de Lisieux BP 82 553
F- 31 025 Toulouse Cedex 3

Bernard Duzan:
06 89 17 14 66
mail: bernard.duzan@lara-europe-analyses.com

Paramètres mesurés :

BILAN AGRONOMIQUE COMPLET
° *Analyse physique* : menus T010 + D113
Granulométrie 5 fractions (Sables grossiers, Sables fins, Limon grossier, Limon fin, Argile)
Matières organiques, CEC , Rapport C/N
PH eau, pH KCl, Conductivité
Calcaire total, Calcaire actif

Capacités hydriques : retenue eau à pF 2 ,8 et pF 4,2 60 / HT, menu D111

° *Analyse chimique* :
P2O5 Jorêt Hébert
CaO, K2O, MgO, Na2O échangeables
Oligo-éléments oxaliques : Cu, Fe, Mn, Zn
Anhydride Sulfurique

Azote Nitrique et Ammoniacal

° *12 indices calculés*
Indice de battance – Indice de porosité – Récupération en cas de tassement – Activité biologique – Potentiel actuel de minéralisation – Saturation en calcium – Indice d'aération – Résistance à l'asphyxie – Indice de dégradation des argiles – Pouvoir fixateur en P2O5 – Pouvoir fixateur en K2O – Réserve en eau

° *Rapports*
K/Mg ; Ca/CEC ; Mg/CEC ; K/CEC ; Na/CEC ; S/T ; IPC (pour la vigne et l'arboriculture)

° *Visualisation des résultats*

° *Interprétation et commentaires*

° Plan de fumure

Annexe 3 : caractérisation des B.R.F. employés

Analyses échantillons B.R.F.

Echantillonnage :
6 analyses ont été effectuées. Pour chacune d'entre elles, prélèvement d'environ 1 kg de B.R.F. a été envoyé à la SADEF.

Laboratoire :

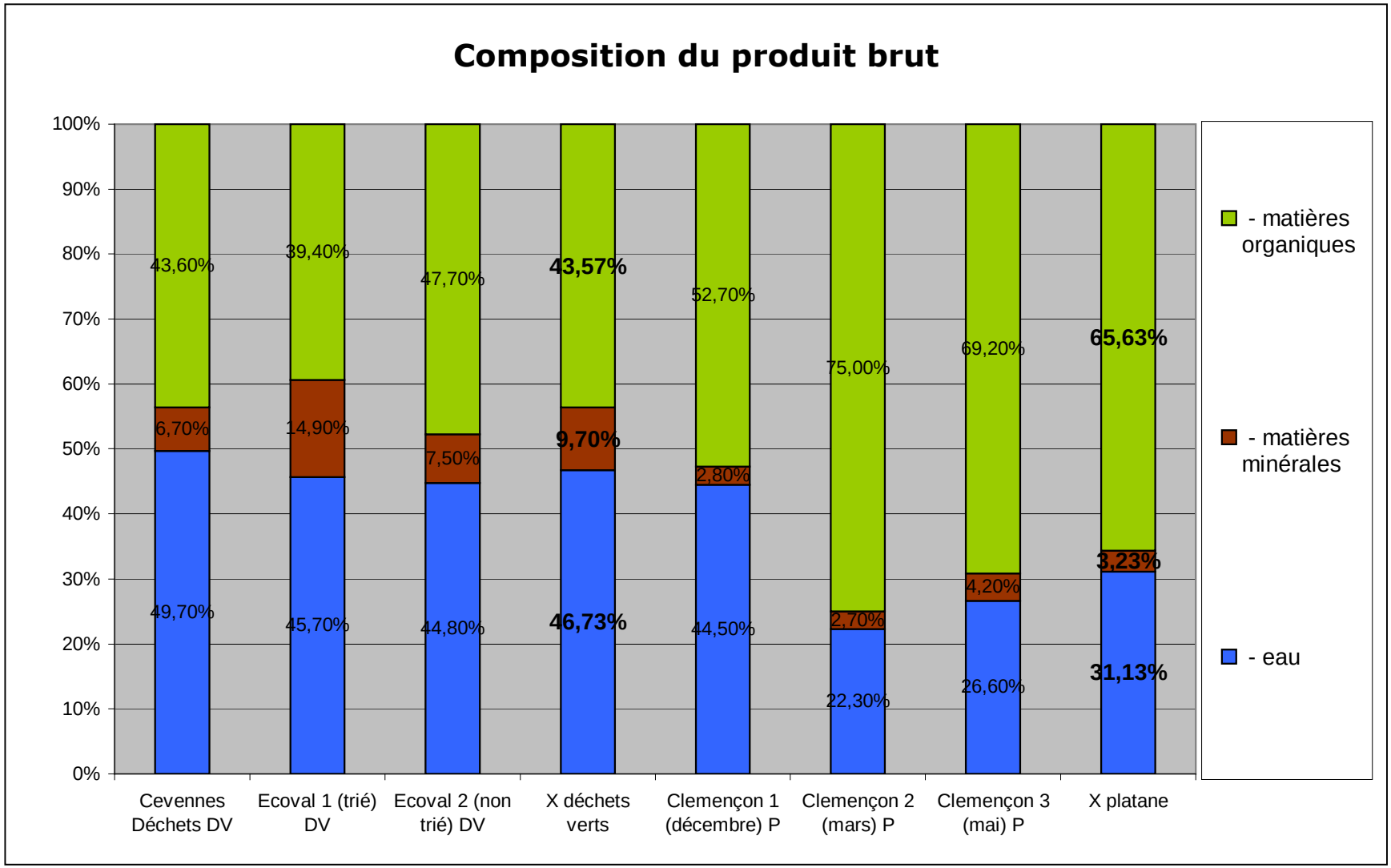
SADEF - Pôle d'Aspach
Rue de la Station
F- 68700 Aspach-le-Bas

Gérard COUCHOURON (Agriculture)
:
06 33 51 42 34
mail: couchourong@sadef.fr

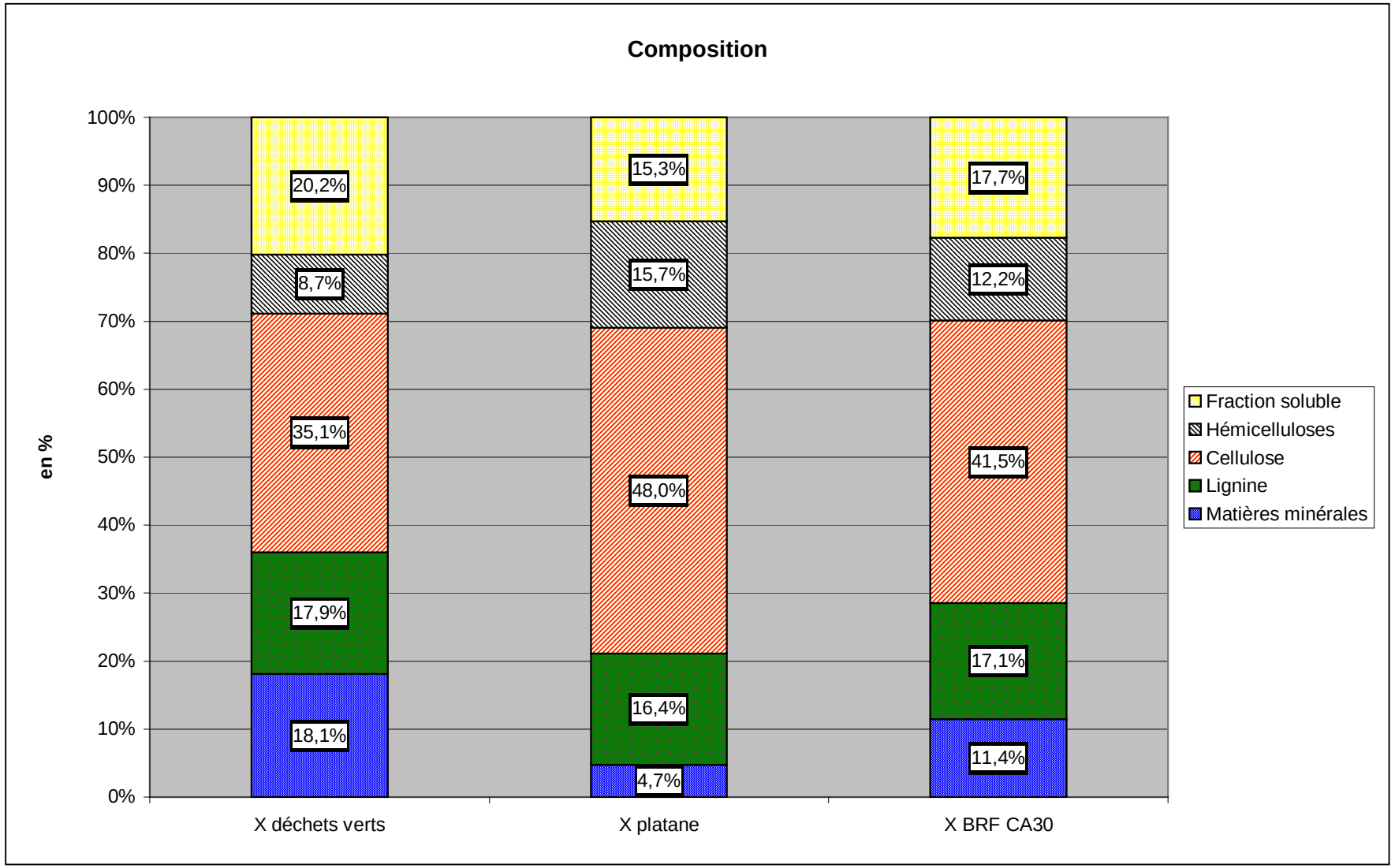
Paramètres mesurés :
Menu 23 E Matière sèche, Matière Organique, N total, P2O5, K2O, Ca0, MgO, N-NH4, N-NO3, N uréique, N org. (NF U 44-051)
Plomb Total (Eau Régale) Cofrac 1
CBM + ISB en complément de menu 1, Minéralisation Eau Régale Cofrac 1

Méthodes d'analyse :
Minéralisation Eau Régale
Rapport M O/N : Calcul:Matière organique/N organique
Azote Ammoniacal (extrait Eau/frais)) : NF EN 13652(Extr.eau1/5/frais)
Azote Nitrique (extrait Eau/frais) : NF EN 13652(Extr.eau1/5/ frais)
MgO Total (Eau Régale) : Amendements Organiques:NFEN13650 , Dosage ICPAES NFENISO11885
MgO Total (Eau Régale) : Boues:NFEN13346,Dosage ICPAES NFENISO11885
CaO Total (Eau Régale) : Amendements Organiques : NFEN13650 , Dosage ICPAES NFENISO11885
CaO Total (Eau Régale) : Boues:NFEN13346, Dosage ICPAES NFENISO11885
K2O Total (Eau Régale) : Amendements Organiques : NFEN13650, Dosage ICPAES NFENISO11885
K2O Total (Eau Régale):Boues:NFEN13346,Dosage ICPAES NFENISO1188
P2O5 Total (Eau Régale) : Amendements Organiques : NFEN13650 , Dosage ICPAES NFENISO11885
P2O5 Total (Eau Régale) : Boues:NFEN13346, Dosage ICPAES NFENISO118
Carbone Organique calculé : Calculé à partir de la perte au feu(M O/2)
Rapport C/N :Calcul:C organique/N total
Azote Uréique (colorimétrie ou CEE 261) : Colorimétrie PDAB
Azote Organique (Calcul) : Calcul (N total-N minéral)
Azote Total : Amendements Organiques : Azote Kjeldahl NF EN 13654-1+ dosage colorimétrique
Azote Total : Boues : Azote Kjeldahl méthode interne M A7-77
Masse Volumique compactée (substrat&Am .Org.) :NF EN 13040
Matière Organique (Perte au Feu) : Amendements Organiques:NF EN 13039
Matière Organique (Perte au Feu) : Boues:NF EN 12879 (matières volatiles)
Matière Sèche (pour Mat.Org) : Amendements Organiques : NF EN 13040
Matière Sèche (pour Mat.Org) : Boues:NF EN 12880

Annexe 4 : composition du produit brut des B.R.F. utilisés



Annexe 5 : caractérisation biochimique des B.R.F. utilisés

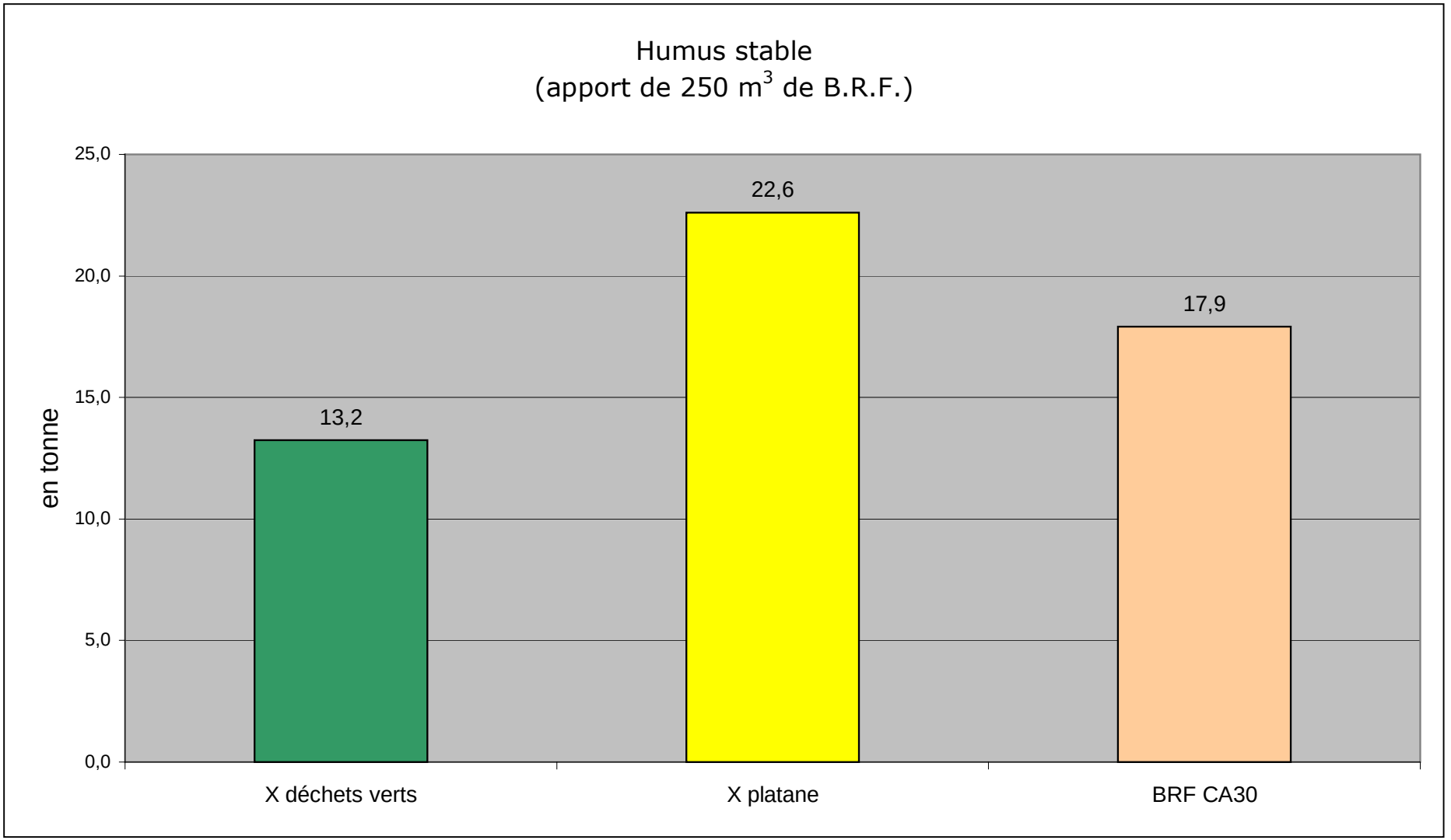


Annexe 6 : potentiel humique des B.R.F. utilisés

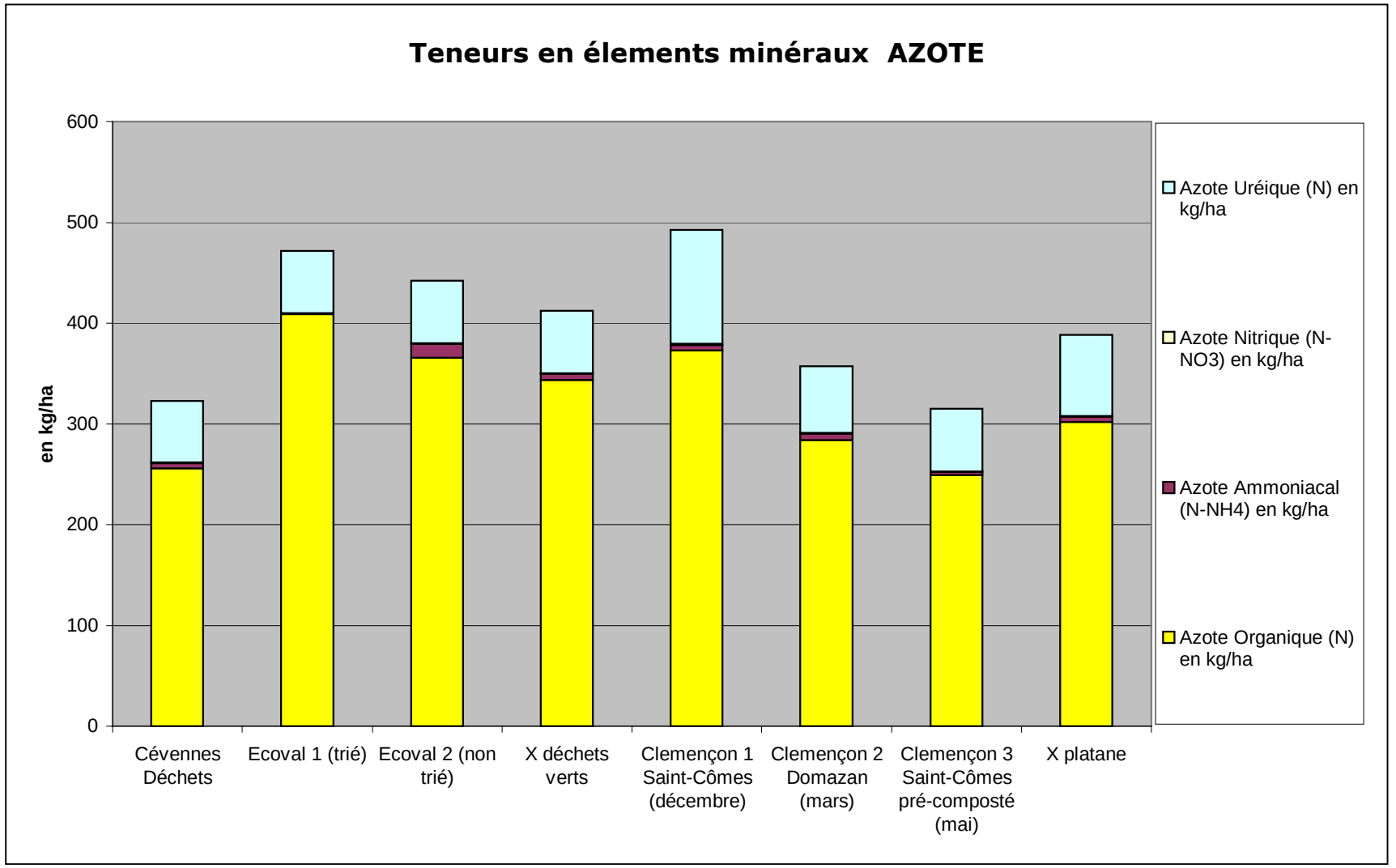
Potentiel humique

	1 Cevennes Déchets (trié)	2 Ecoval 1 (trié)	3 Ecoval 2 (non trié)	**X** déchets verts	4 Clemençon 1 (décembre)	5 Clemençon 2 (mars)	6 Clemençon 3 (mai)	**X** platane	**BRF CA30**
K1	0,55	0,35	0,54	0,48	0,48	0,54	0,62	0,55	0,51
Tr en % MO	64	48,3	61,9	58,1	50,4	55,5	65,3	57,1	57,6
I.S.B.	0,33	0,50	0,38	0,40	0,29	0,26	0,46	0,34	0,37
kg MO stable/tonne de produit brut	144	197	181	174	153	195	318	222	198
Potentiel	moyen à élevé	moyen	moyen à élevé		moyen à élevé	élevé	élevé		
Potentiel humus stable									
CBM en kg/produit brut	279	190	295	255	265	417	452	378	316
humus stable t/produit brut (moyenne)	**211,5**	**193,5**	**238,0**	214,3	**209,0**	**306,0**	**385,0**	300,0	257,2
I.S.B. t MO stable/tonne de produit brut	**8,8**	**12,2**	**11,2**	10,7	**17,3**	**12,9**	**19,8**	16,7	13,7
CBM en t/produit brut	**17,0**	**11,8**	**18,3**	15,7	**29,9**	**27,5**	**28,2**	28,5	22,1
Humus stable t/produit brut	**12,9**	**12,0**	**14,8**	13,2	**23,6**	**20,2**	**24,0**	22,6	17,9

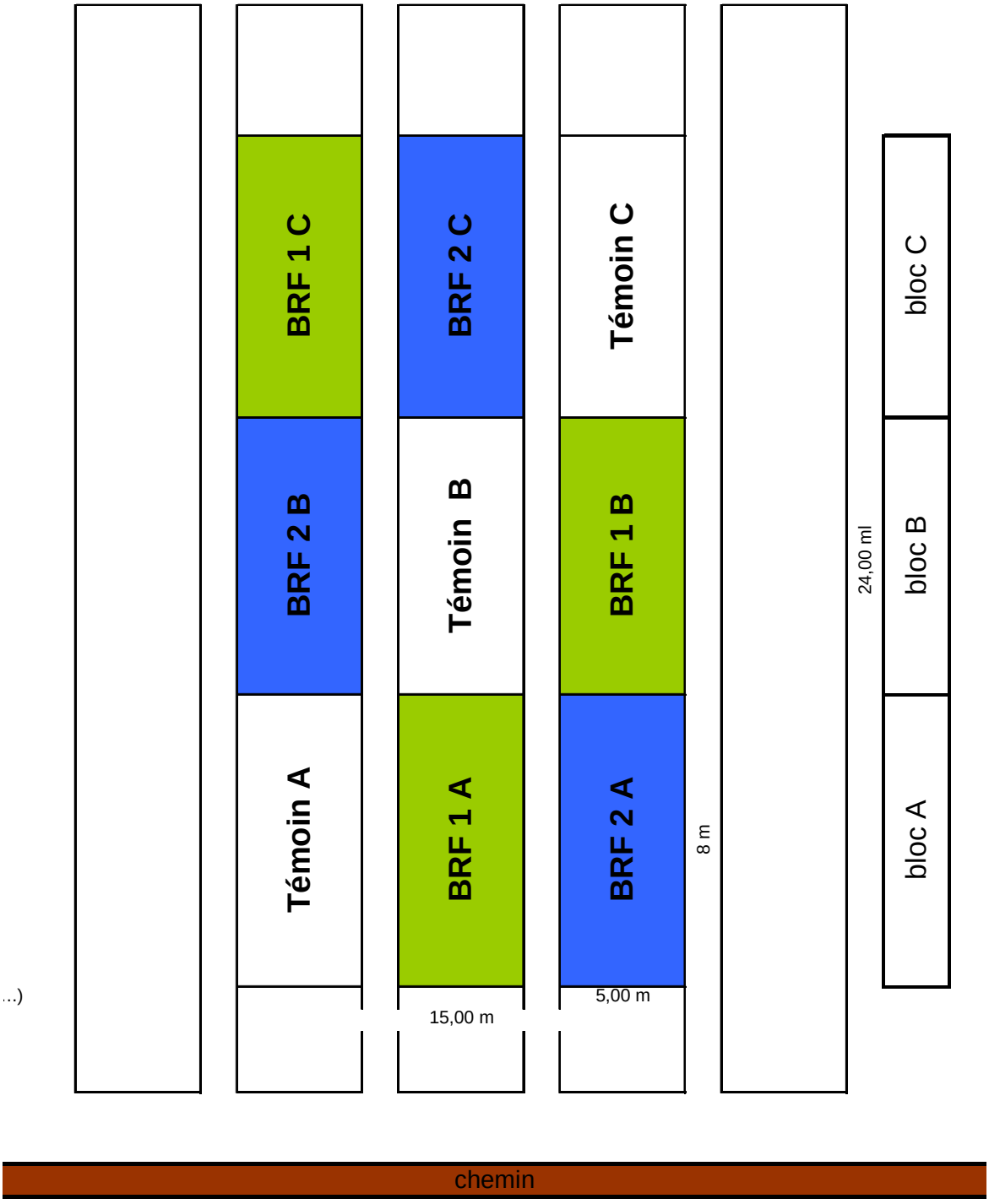
Annexe 7 : potentiel humus stable des B.R.F. utilisés



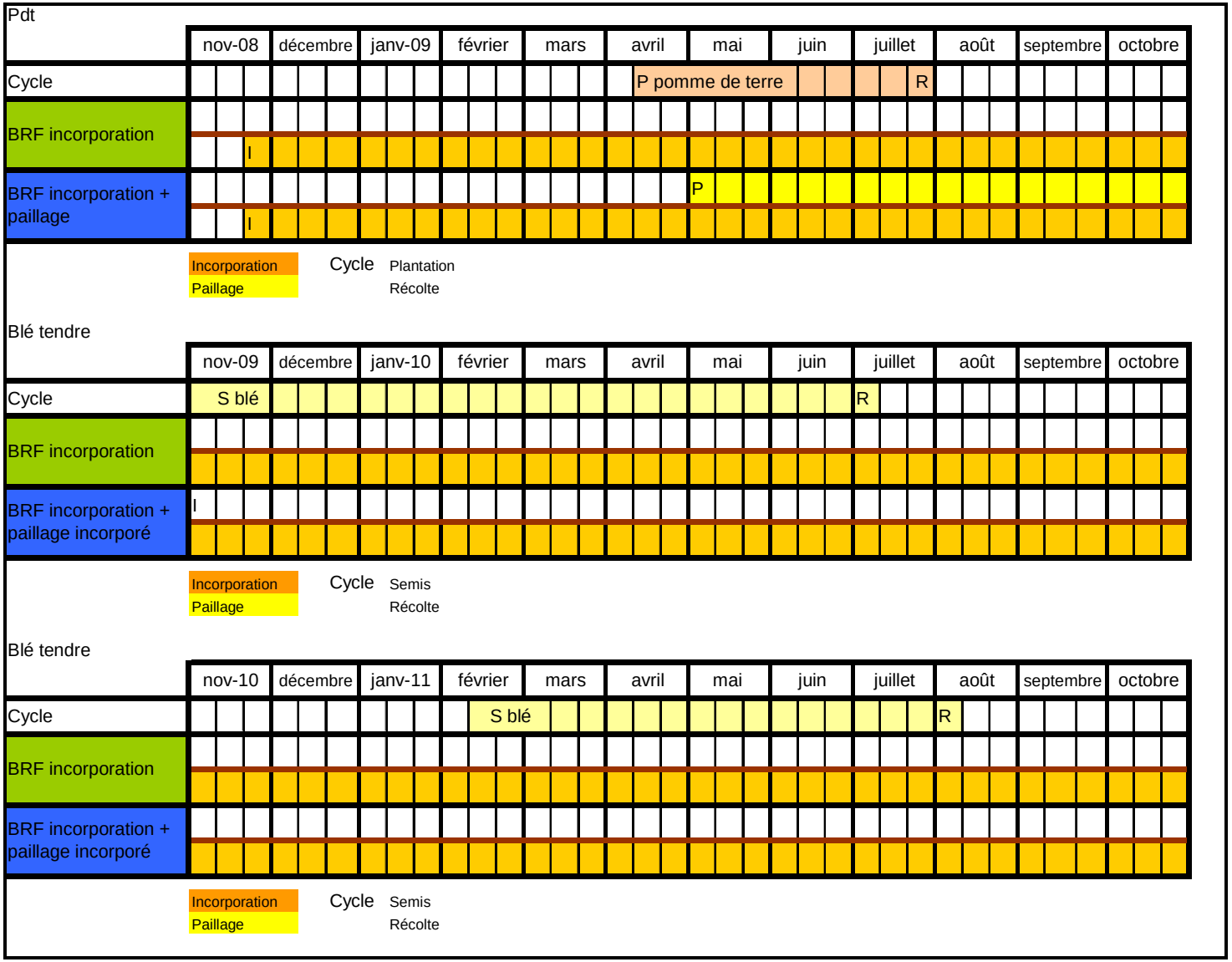
Annexe 8 : teneurs en azote des B.R.F. utilisés



Annexe 9 : dispositif expérimental du site de Saint-Hilaire de Brethmas chez Pascal Roux



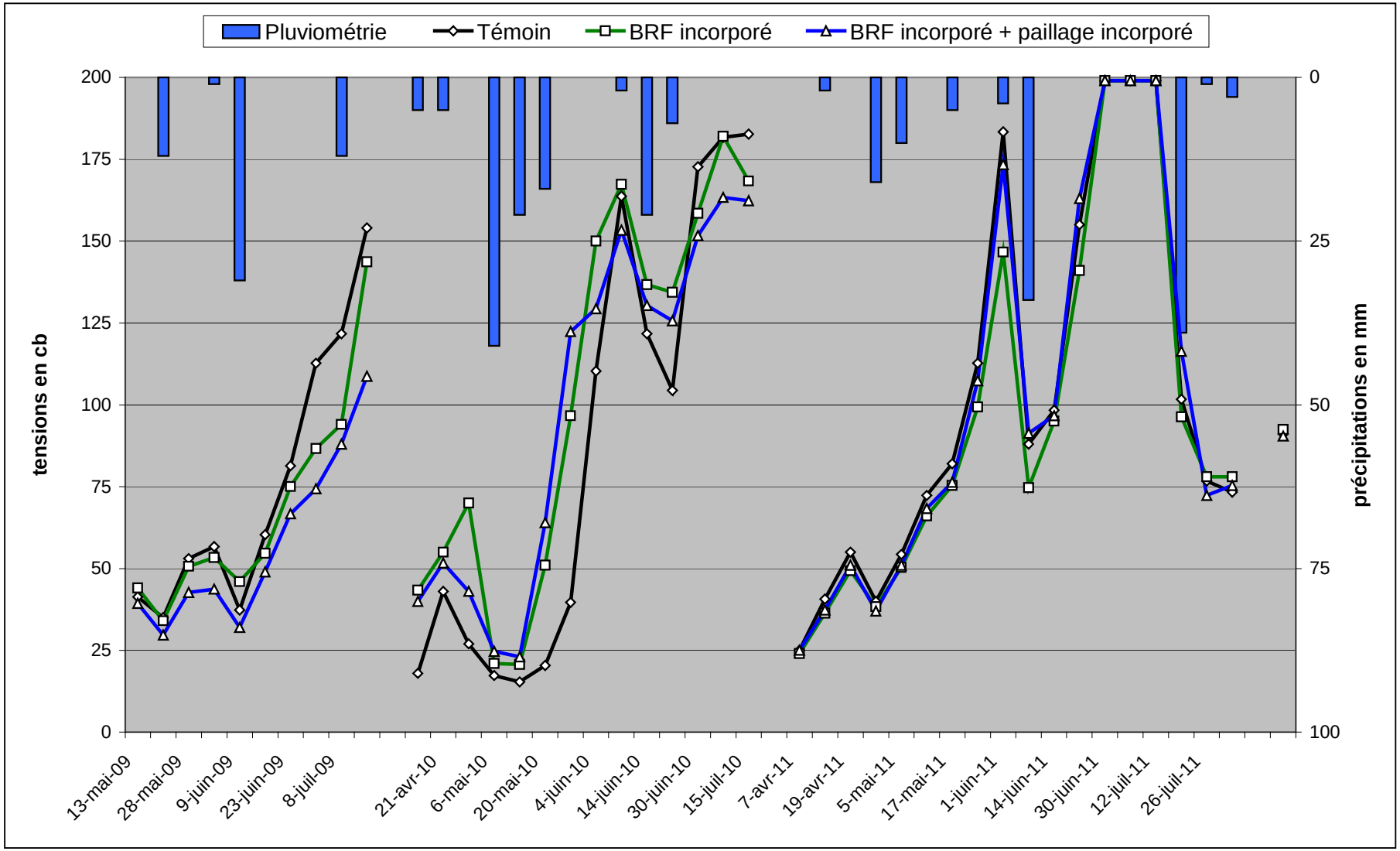
Annexe 10 : cycle cultural du site de Saint-Hilaire de Brethmas chez Pascal Roux



Annexe 11 : protocole suivi tensiomètrique

Sonde Watermark installée à 15 cm de profondeur et pluviomètre Relevé hebdomadaire	Lecteur

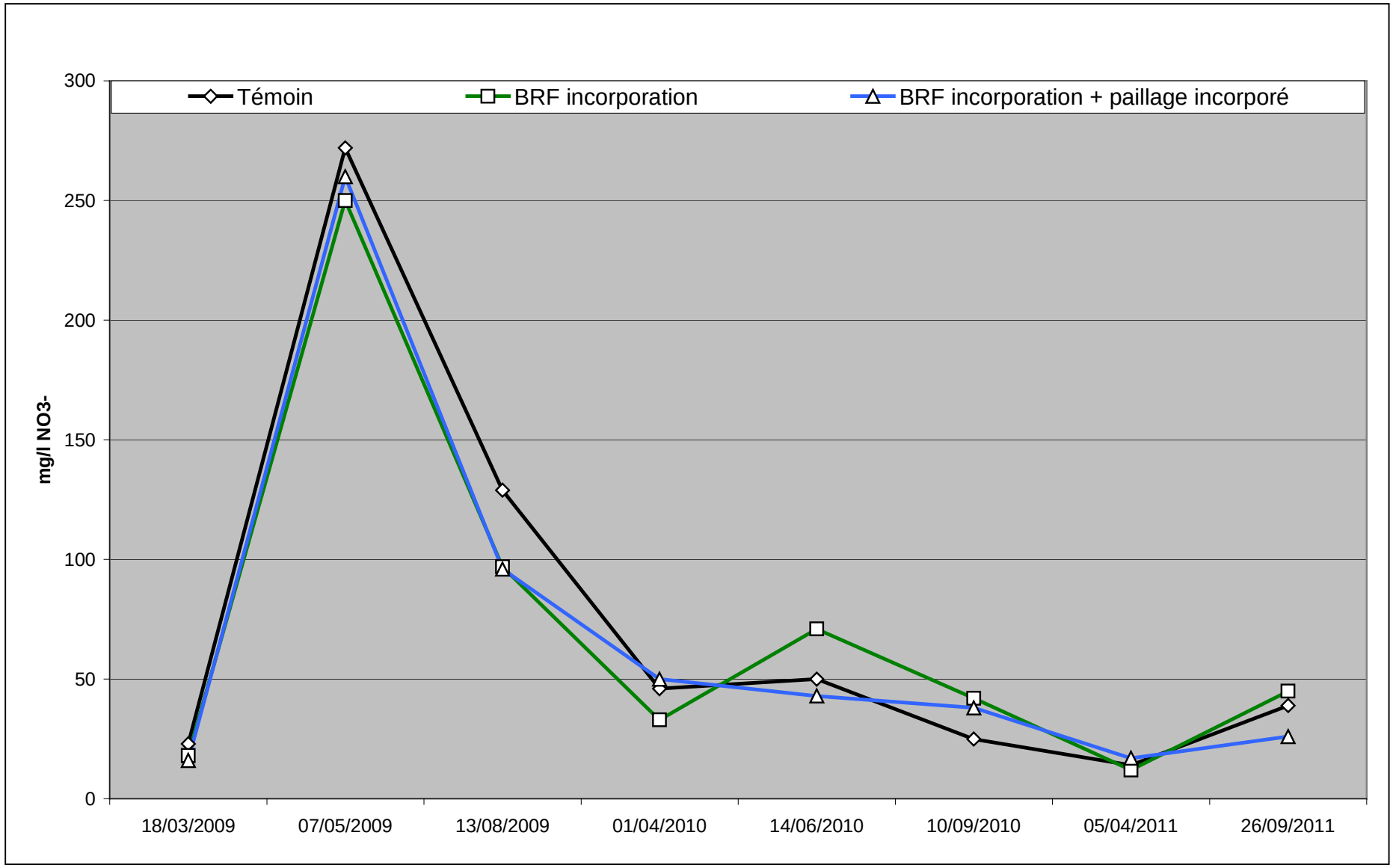
Annexe 12 : suivi tensiomètrique du site de Saint-Hilaire de Brethmas chez Pascal Roux



Annexe 13 : suivi teneur en nitrate du sol

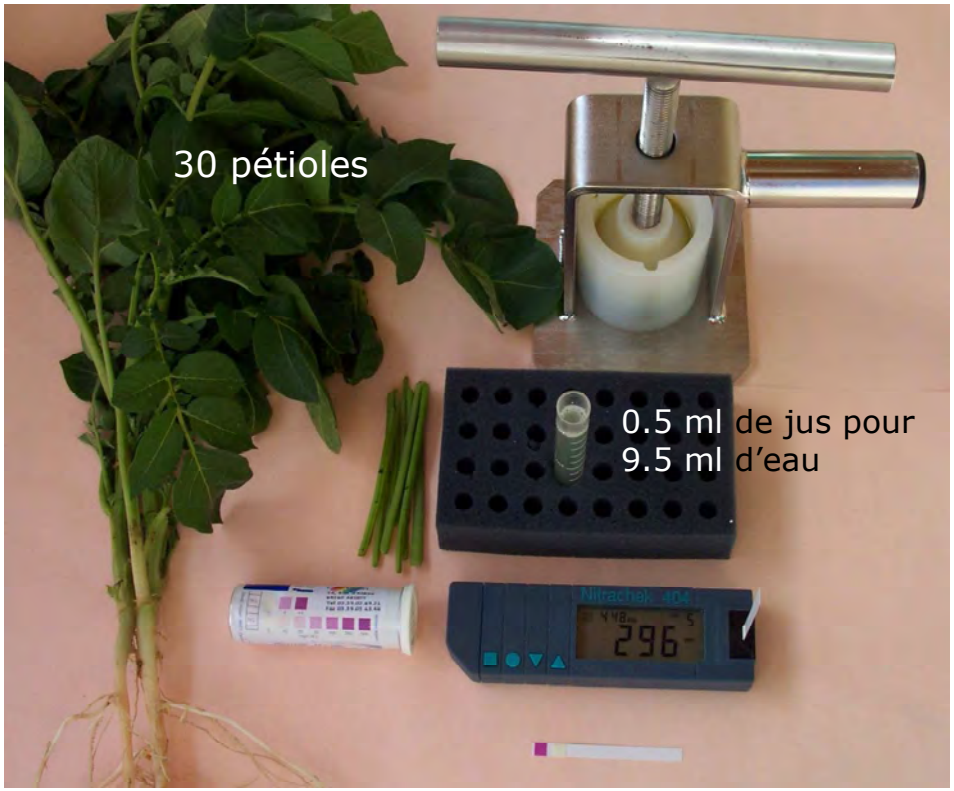
prélèvements de sol horizon 0-30cm	analyse rapide du nitrate

Annexe 14 : teneur en nitrate du sol du site de Saint-Hilaire de Brethmas chez Pascal Roux



Annexe 15 : protocole simplifié de la mesure des nitrates à partir de pétioles

Mesure de l'azote nitrique de la plante par colorimétrie sur bandelette Nitratest



Ctifl

CHAMBRE D'AGRICULTURE GARD

Annexe 16: protocole de mesure des nitrates avec un N-tester

Appareil

Contrôles de l'appareil et précautions

L'étalon de contrôle sert à vérifier que le **N-Tester** fonctionne normalement et doit être utilisé périodiquement.

Pour utiliser l'étalon de contrôle :

1 Mettre l'appareil en marche en appuyant simultanément sur le bouton "CLEAR". Le **N-Tester** entre en phase de contrôle : "CH" apparaît momentanément suivi ensuite de "CAL".

2 Sans échantillon dans la tête de mesure, fermer celle-ci jusqu'à émission d'un "BIP". L'écran présenté à droite s'affiche. Si une série de "BIP" retentit et que "CAL" clignote à l'écran, la calibration n'a pas été effectuée correctement. Répéter 2.

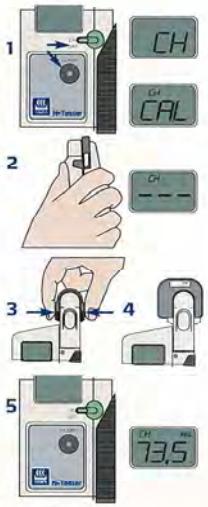
3 Enlever le guide de profondeur.

4 Insérer l'étalon de contrôle dans la fenêtre de lecture. Fermer la tête de mesure ; la maintenir fermée jusqu'à l'émission d'un "BIP". La valeur mesurée de l'étalon de contrôle apparaît. Si une série de "BIP" retentit et "---" clignote à l'écran, le test n'a pas été effectué correctement. Répéter 4.

5 La valeur affichée sur l'écran doit se situer dans l'intervalle donné par la valeur inscrite sur l'étalon de contrôle (exemple : 73,4 +/-3,0).

6 Répéter la mesure plusieurs fois.

7 Si les valeurs se situent hors de l'intervalle, nettoyer les fenêtres d'émission et de réception (chiffon doux, sec sans solvant organique), recommencer la procédure en 1. Si les valeurs affichées sont toujours hors intervalle, contactez nous.



Entretien– stockage (généralités)

Changement des piles : voir en fonction du témoin de charge apparaissant à la mise en marche.

Nettoyage courant : chiffon doux et sec. Si l'appareil est très sale, utiliser un chiffon doux humide puis essuyer soigneusement avec un chiffon sec. Eviter les chiffons pelucheux. Ne pas utiliser de solvant, alcool ou autres produits chimiques au contact des fenêtres de lecture. L'appareil est résistant à l'eau, cependant, ne pas l'immerger ni le laver à l'eau.

Ne pas soumettre l'appareil à la lumière directe du soleil, ou à des sources de chaleur (radiateur, pare-brise de voiture)

Procédure de réalisation d'une mesure

1 Mettre en marche : contacteur sur "ON".

- L'écran affiche "CAL". Sans feuille, fermer la tête de mesure. Attendre l'émission d'un "BIP" (2 secondes)...
- L'écran affiche "N=0". Cette procédure est obligatoire à chaque fois que l'appareil est mis en route. La procédure de mesure peut alors commencer.

2 Insérer la feuille et fermer la tête de mesure.

(en s'assurant que la feuille recouvre la fenêtre de mesure).

- L'écran affiche "N=1". Si une série de "BIP" retentit, la mesure n'est pas correcte ; recommencer la mesure.

3 Répéter la procédure sur 29 autres feuilles.

- L'écran affiche le nombre de feuilles mesurées. Après 30 feuilles pincées, l'appareil peut exclure les valeurs extrêmes, et demandera de compléter par 1, 2 ou 3 pincements complémentaires.
- L'écran affiche alors "N=30" puis la valeur de la mesure.

4 Noter la valeur obtenue.

- Appuyer sur "CLEAR".

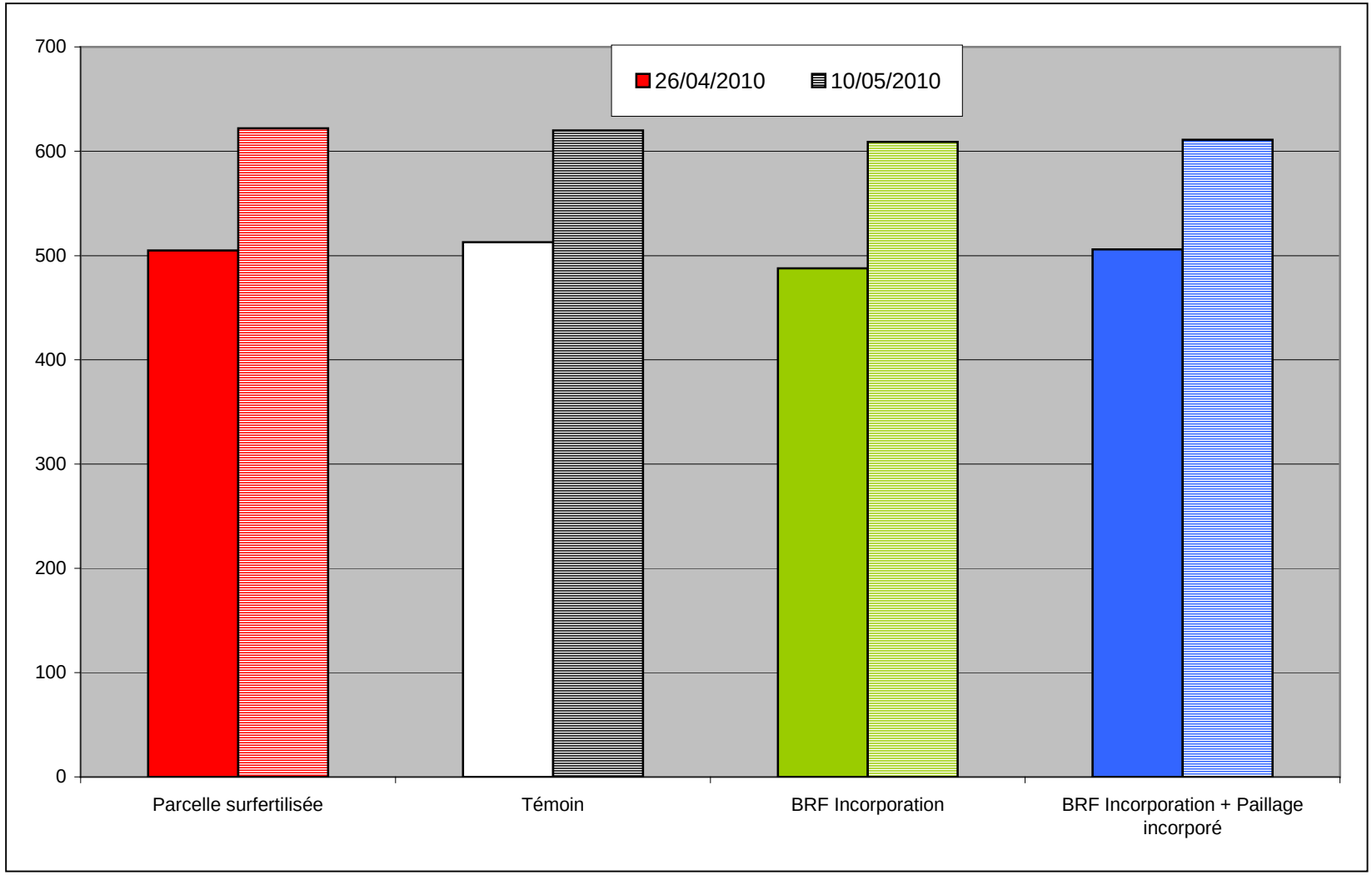
5 Refaire 2 ou 3 autres mesures selon la procédure décrite.

- Appuyer sur "CLEAR" entre chaque série de 30 pincements. Noter chaque valeur.

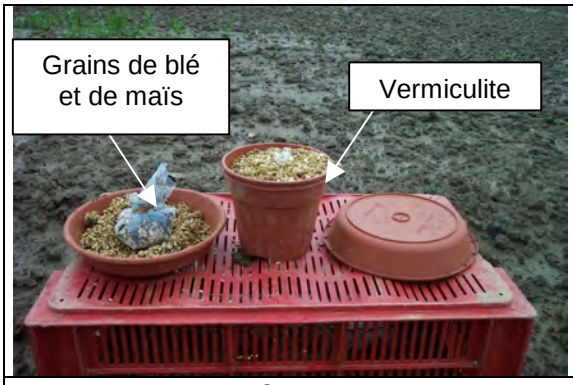
6 Calculer la moyenne de ces 3 ou 4 valeurs obtenues.

- C'est la valeur de la mesure **N-Tester** de la parcelle.

Annexe 17 : résultats Ntester site de Saint-Hilaire de Brethmas chez Pascal Roux



Annexe 18 : protocole de piégeage de larves de taupin proposé par l'ACTA



Les fournitures

Pose du pot à 40 cm de profondeur

Pose de la coupelle sur le pot

Pose du film plastique sur le dôme de terre

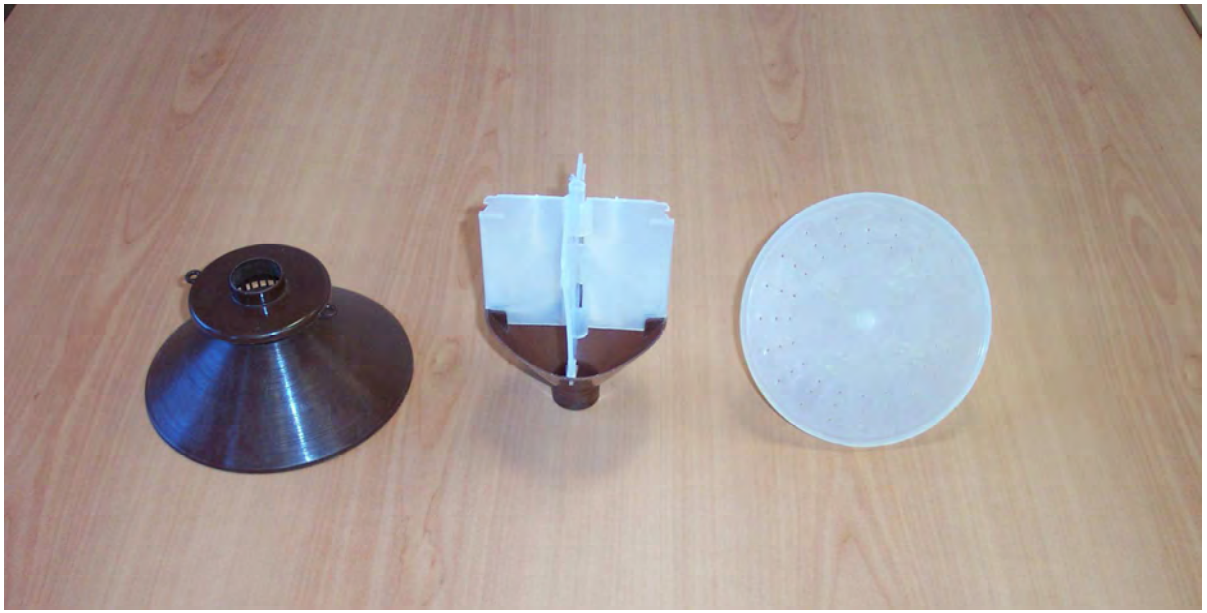
Positionnement des 10 piéges

Retrait des piéges 15 jours plus tard

Comptage des larves

Annexe 19 : protocole de piégeage de taupins adultes

Piége « Yatlorf »



Annexe 20 : protocole piégeage limaces

BPA – Base des observations

Piégeage des limaces

Les pièges à limaces les plus couramment utilisés sont **en tissu ou en mousse recouverte d'un film de couleur alumium**. Ils sont de **forme carré** et leur taille est de **50 x 50 cm**. Le tissu et la mousse sont destinés à maintenir de l'humidité à la surface du sol. Le film aluminum permet de limiter l'échauffement thermique du piège par le rayonnement solaire. Les limaces vont trouver un refuge sous cet abri.

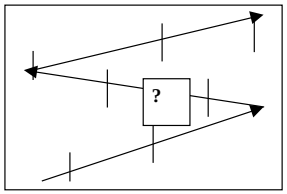
Cette **méthode a été développée par l'INRA** dans les années 80 (Hommay 1994).

Généralement, les pièges sont placés la veille de leur prélèvement. Dans tous les cas, ils doivent être, humidifiés par trempage avant leur usage, placés soigneusement au contact du sol et fermement piquetés

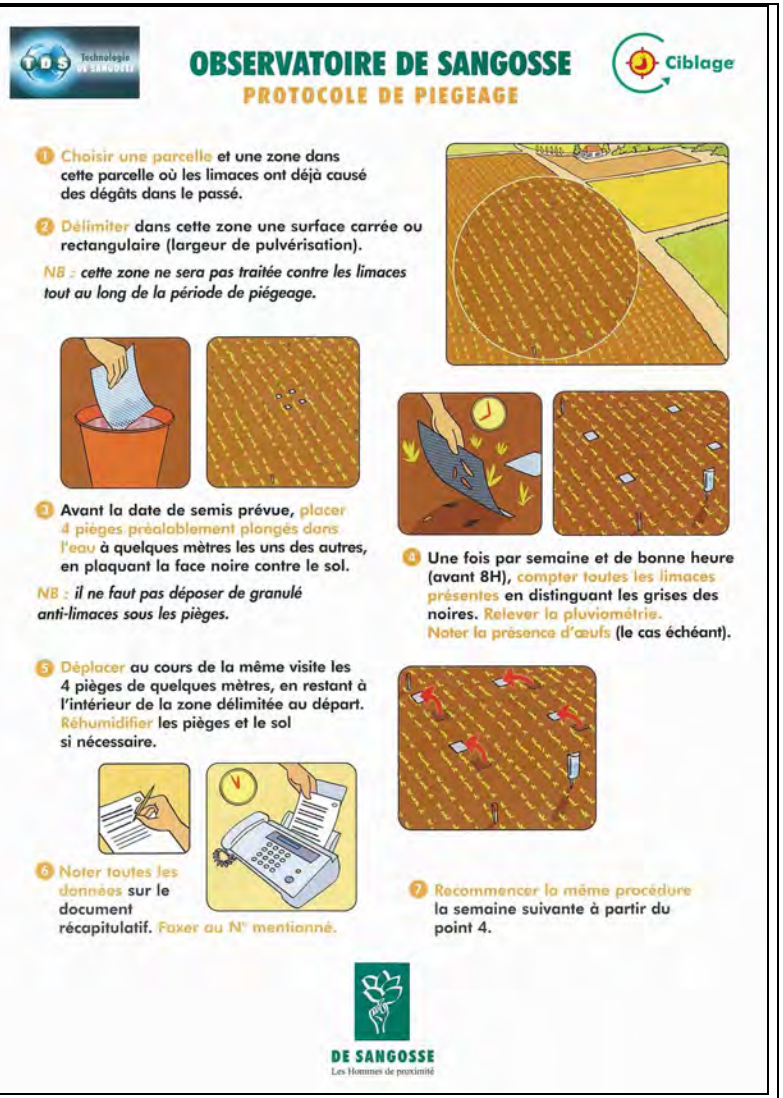
En cas de sol sec, 5 litres d'eau doivent être versées sous l'emplacement de chaque piège. Le lendemain matin, les limaces sont déterminées (généralement limaces grises et limaces noires) et dénombrées sous chaque piège. Pour chaque limace, un classement par taille est effectué. : Juvenile (inférieure 1 cm), : Adulte (supérieure à 1 cm). *Dans certaines études, il est envisageable de collecter les limaces sous les pièges et de les mettre dans de l'alcool à 90°C. Dans ce cas, les limaces sont ensuite déterminées, et pesées individuellement.*

Par temps chaud, il est conseillé de **relever les pièges le matin**.

Pour un suivi dans le temps, **un ou deux prélèvements par semaine** sont envisageables. A la suite de chaque prélèvement, les **pièges doivent être déplacés d'au moins un mètre.**



Extrait du document de travail « piegeage des ravageurs », Biovigilance –Surveillance des bio-agresseurs- SDRAF/SRPV

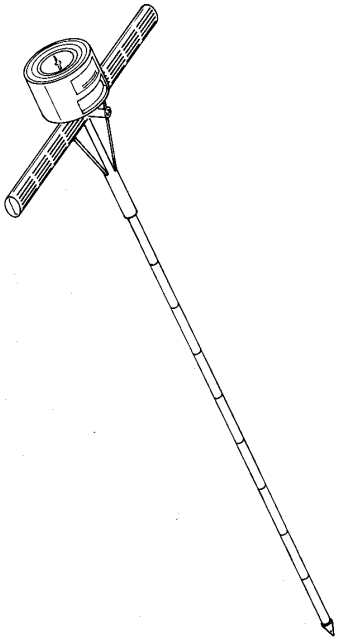

OBSERVATOIRE DE SANGOSSE
PROTOCOLE DE PIEGEAGE
Ciblage
1 Choisir une parcelle et une zone dans cette parcelle où les limaces ont déjà causé des dégâts dans le passé.
2 Délimiter dans cette zone une surface carrée ou rectangulaire (largeur de pulvérisation).
NB : cette zone ne sera pas traitée contre les limaces tout au long de la période de piégeage.
3 Avant la date de semis prévue, placer 4 pièges préalablement plongés dans l'eau à quelques mètres les uns des autres, en plaquant la face noire contre le sol.
NB : il ne faut pas déposer de granulé anti-limaces sous les pièges.
4 Une fois par semaine et de bonne heure (avant 8H), compter toutes les limaces présentes en distinguant les grises des noires. Relever la pluviométrie. Noter la présence d'œufs (le cas échéant).
5 Déplacer au cours de la même visite les 4 pièges de quelques mètres, en restant à l'intérieur de la zone délimitée au départ. Réhumidifier les pièges et le sol si nécessaire.
6 Noter toutes les données sur le document récapitulatif. Faxer au N° mentionné.
7 Recommencer la même procédure la semaine suivante à partir du point 4.
DE SANGOSSE
Les Hommes de proximité

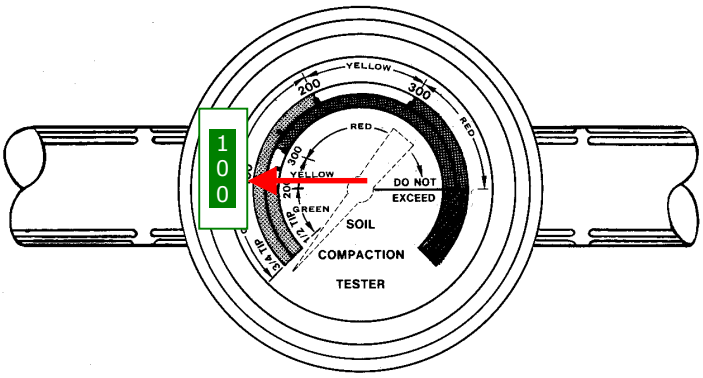
Annexe 21 : protocole d'utilisation d'un contrôleur compacteur

DICKEY-john™ CORPORATION

INSTALLATION INSTRUCTIONS

SOIL COMPACTION TESTER





Une pression est exercée jusqu'à la valeur « 100 » de la partie haute du cadran (3/4 TIP). La longueur de la tige enfoncée dans le sol est alors mesurée.

Annexe 22 : mesure de la température du sol à partir de sondes Tinytag

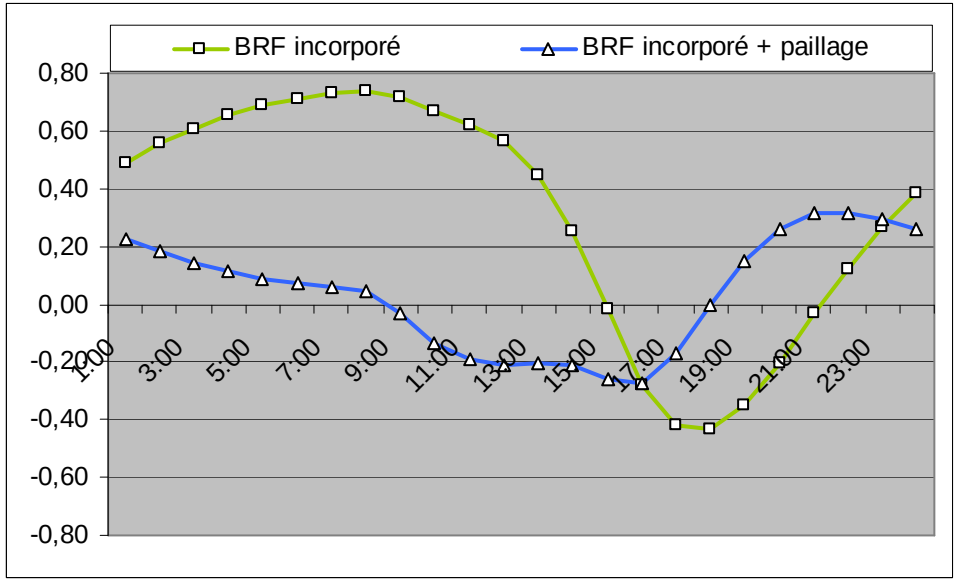
Sonde implantée à 15 cm de profondeur sur une des trois répétitions de chaque modalité.

Mesure chaque heure.

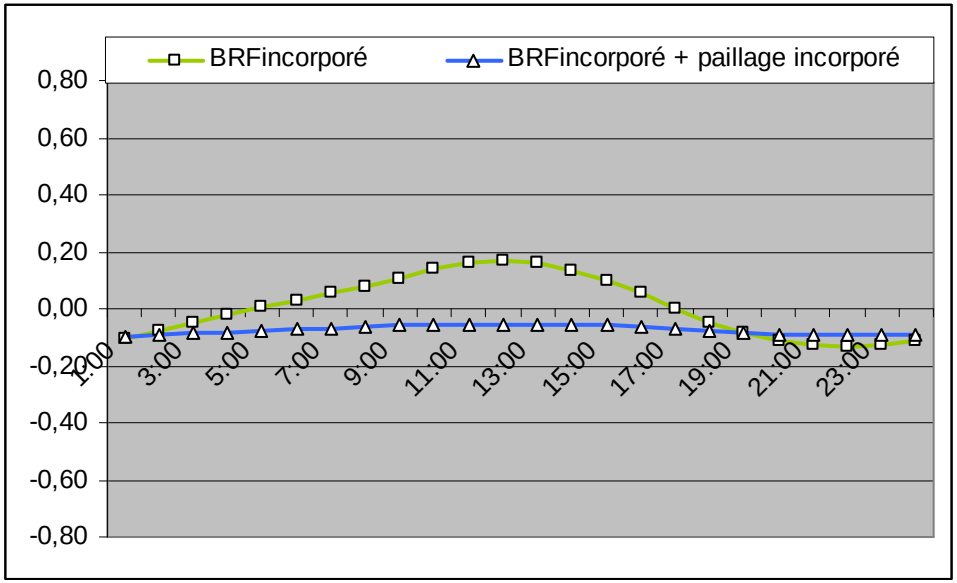
Degré de précision : 0.35 ° C

Annexe 23 : température du sol du site de Saint-Hilaire de Brethmas chez Pascal Roux

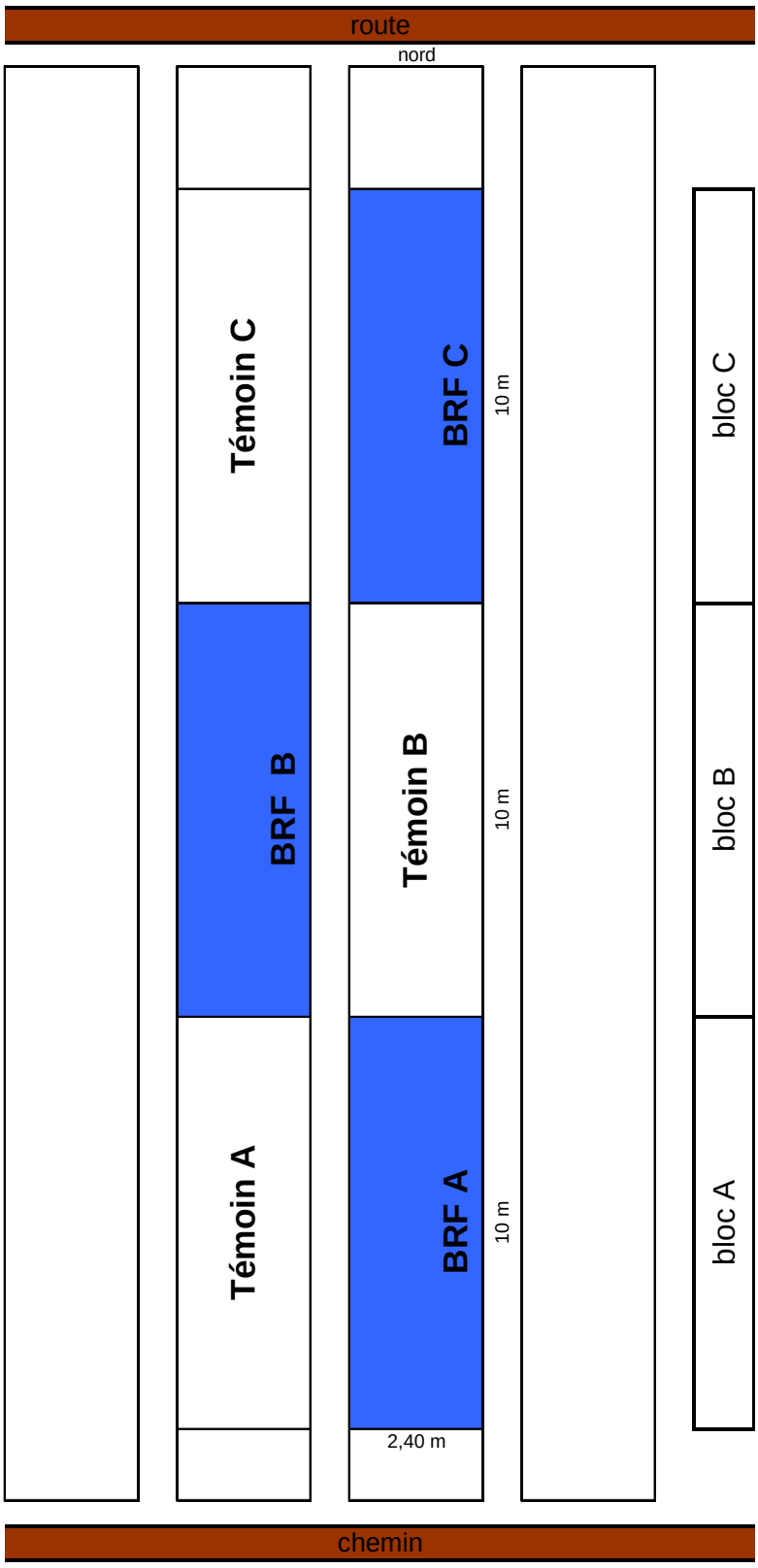
2009



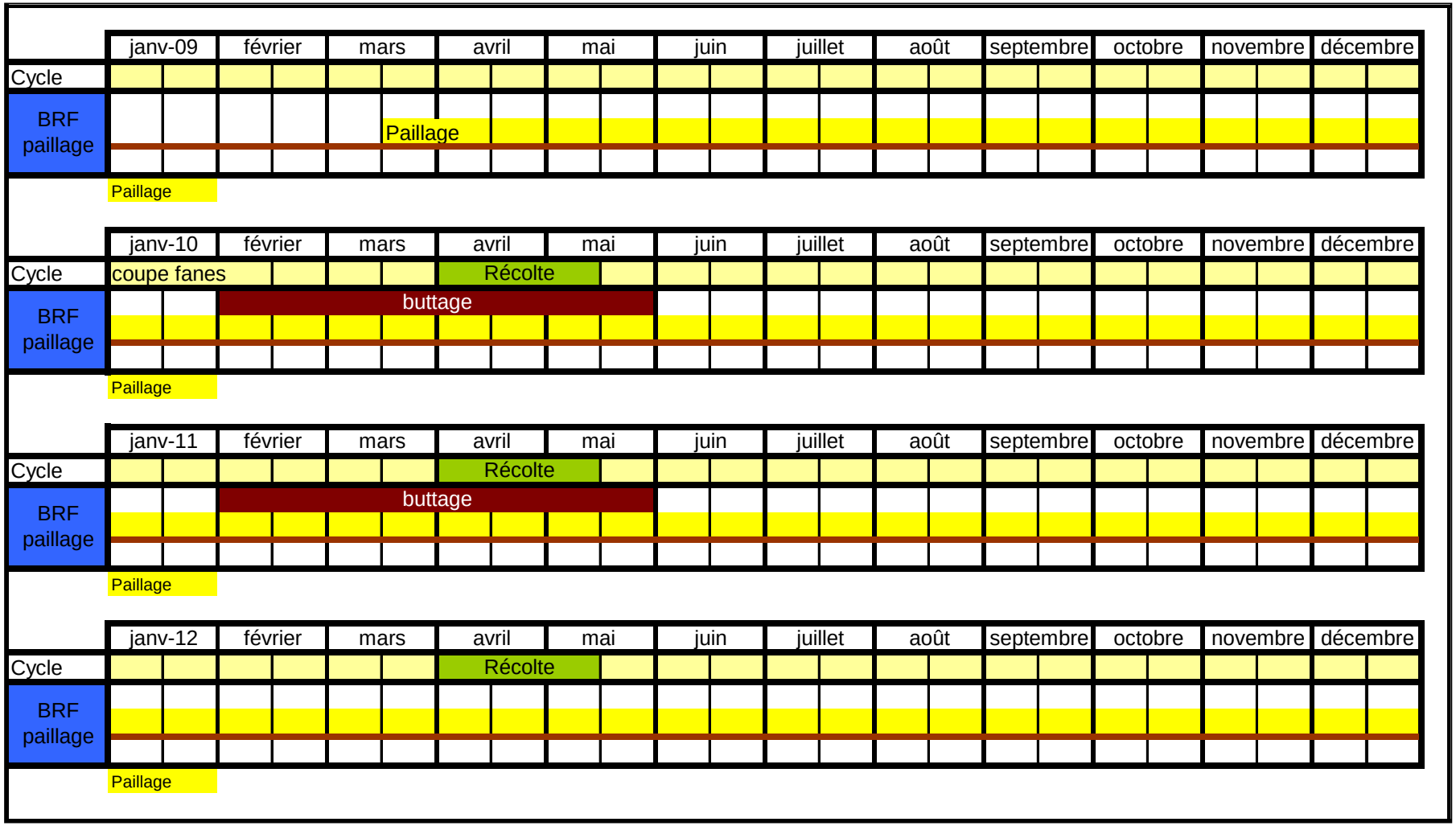
2010



Annexe 24: dispositif expérimental du site d'Arpaillargues chez David Nougier



Annexe 25 : cycle cultural du site du site d'Arpaillargues chez David Nougier



Annexe 26 : protocole analyses de sol réalisé par Celesta-lab

Celesta-lab
acteur de votre environnement

Effets du BRF en paillage sur la qualité organique et biologique d'un sol maraîcher cultivé en asperge
Site 3 / Nougier / Arpaillargues et Aureilhac (30)

Objectif des analyses :
Bilan de l'état organique et biologique du sol 2,5 ans après l'apport de BRF de platane en paillage.

Prélèvements :
Réalisés par la CA30. Chaque échantillon pour analyse a été constitué à partir du mélange des 3 échantillons représentatifs des 3 répétitions de chacune des modalités (Témoin, BRF).

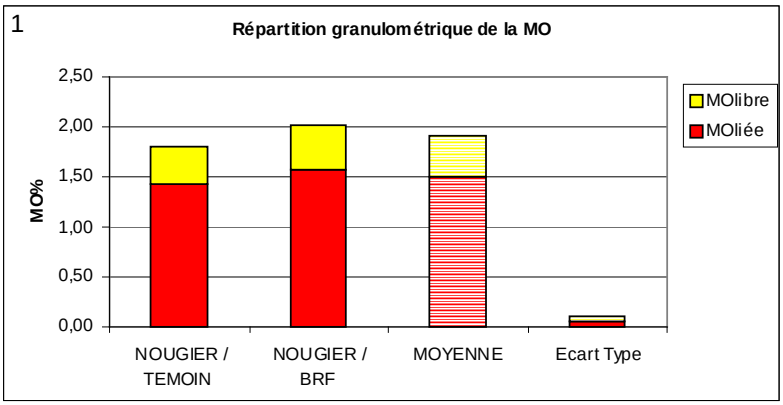
Les échantillons ont été prélevés entre 0-30 cm de profondeur.
Les échantillons ont été référencés de la façon suivante :

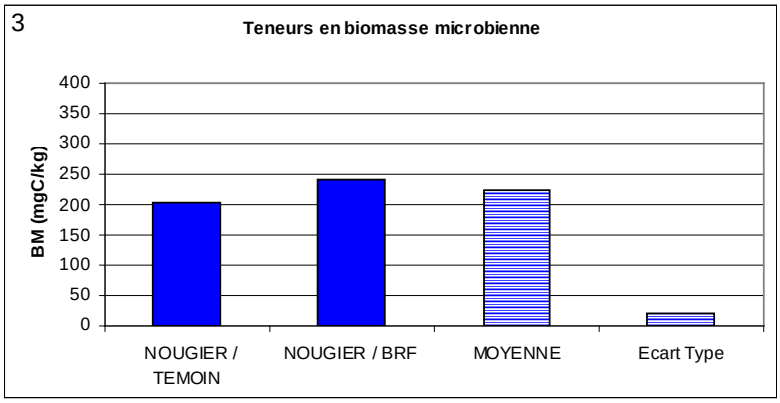
- Témoin : Témoin sans apport = pratique de l'agriculteur
- BRF : 250 m^3/ha de BRF de platane en paillage sur le rang (1 m)

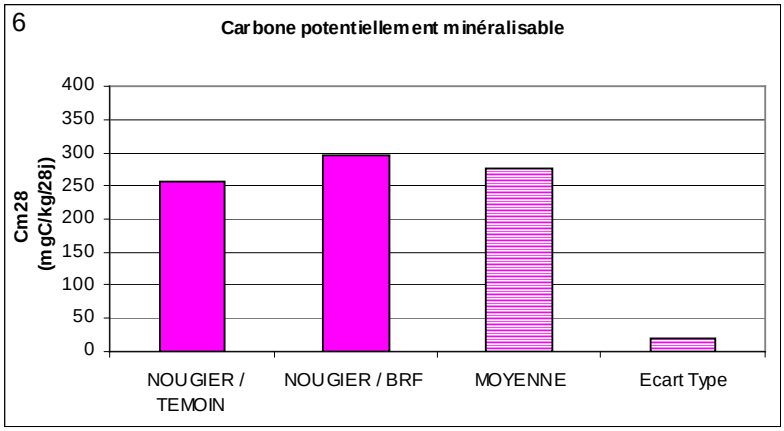
Analyses :
Les analyses suivantes ont été effectuées :

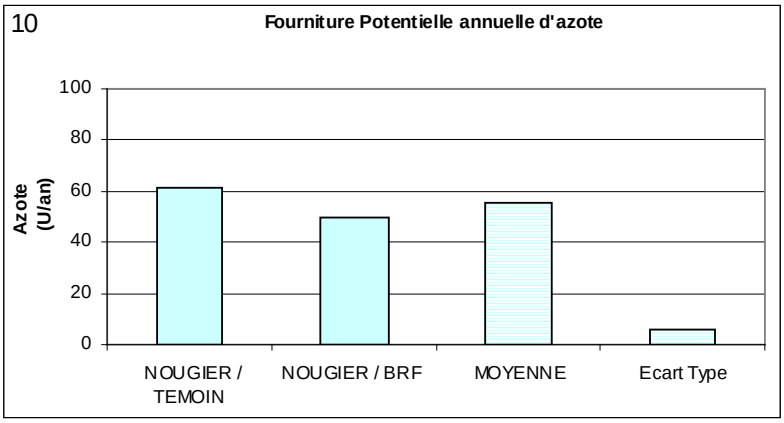
- le fractionnement granulométrique de la matière organique (NF X31-516)
- le dosage de la biomasse microbienne (NF EN ISO 14240-2)
- la mesure du potentiel de minéralisation du carbone et de l'azote (dérivée de XP U44-163)
- les mesures d'activité enzymatique (FDA hydrolases) (méthode interne).

Annexe 27 : principaux résultats des analyses de sol réalisé par Celesta-lab

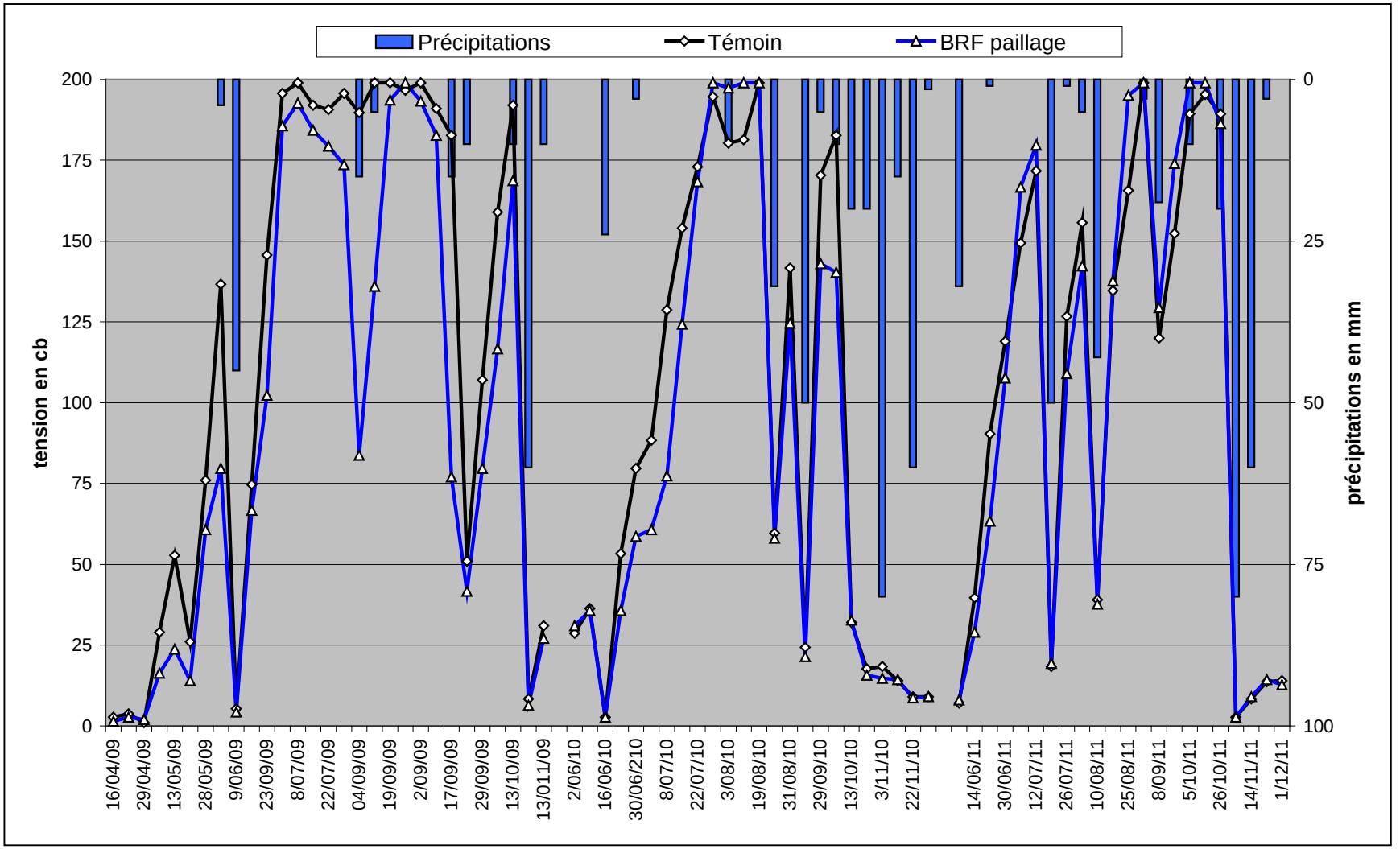




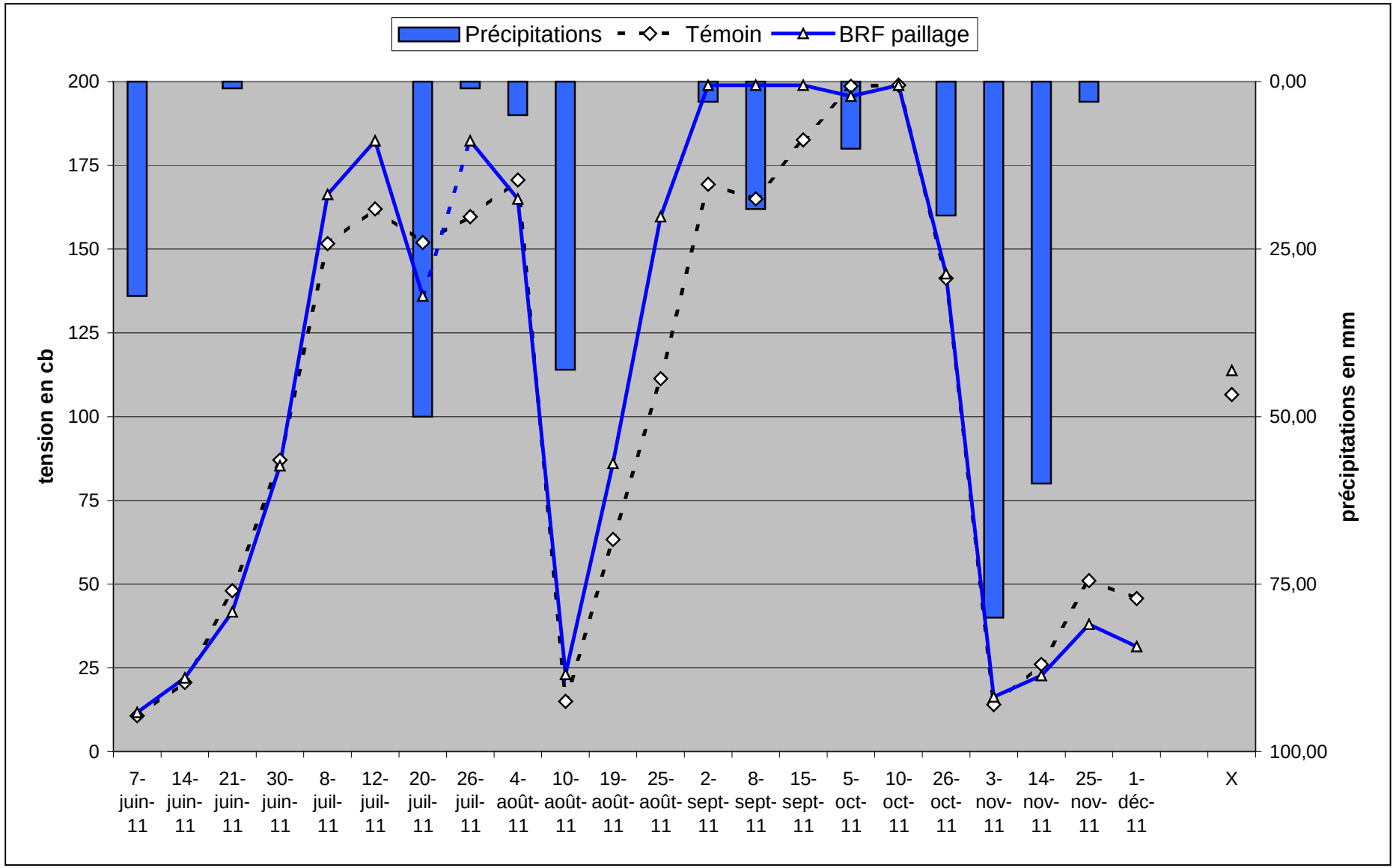




Annexe 28 : suivi tensiométrique du site du site d'Arpaillargues chez David Nougier



Annexe 29 : suivi tensiométrique (horizon 0 – 30 cm) du site du site d'Arpaillargues



Annexe 30 : protocole analyse foliaire asperge

Lara Europe Analyses
La confiance se mesure

PROTOCOLE
PRELEVEMENT FOLIAIRE ASPERGES

QUAND

A mi-croissance en juillet (les rameaux)

A la récolte (le turion lui même)

OU ET COMMENT

30 rameaux ou 20 turions

Pour les rameaux sur 30 pieds à 30 cm du sommet de la plus haute crosse adulte mâle
Pour les turions , à raison d'un turion moyen par griffe

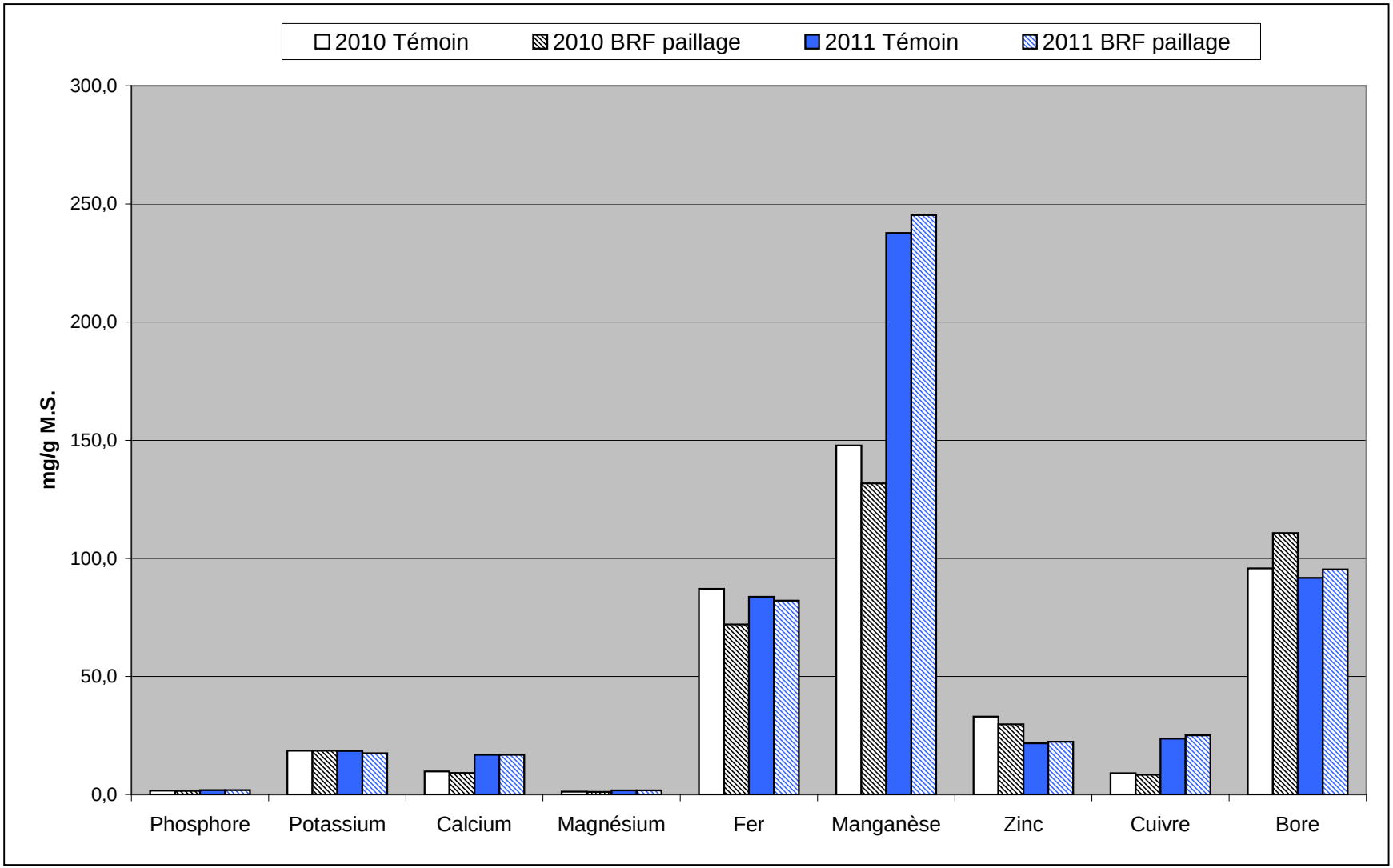
EXPEDITION

Placer les turions ou les feuilles dans un sachet plastique sans les tasser

Remplir et joindre toujours la feuille de renseignement et une étiquette mentionnant le nom de la parcelle et la commune de prélèvement , la variété et les rendements antérieurs ,

Lara Europe Analyses,
impasse de Lisieux
BP 82533
31025 Toulouse Cedex 3
Tél : 05 61 16 15 00

Annexe 31 : résultats analyses foliaires asperge du site d'Arpaillargues chez David Nougier



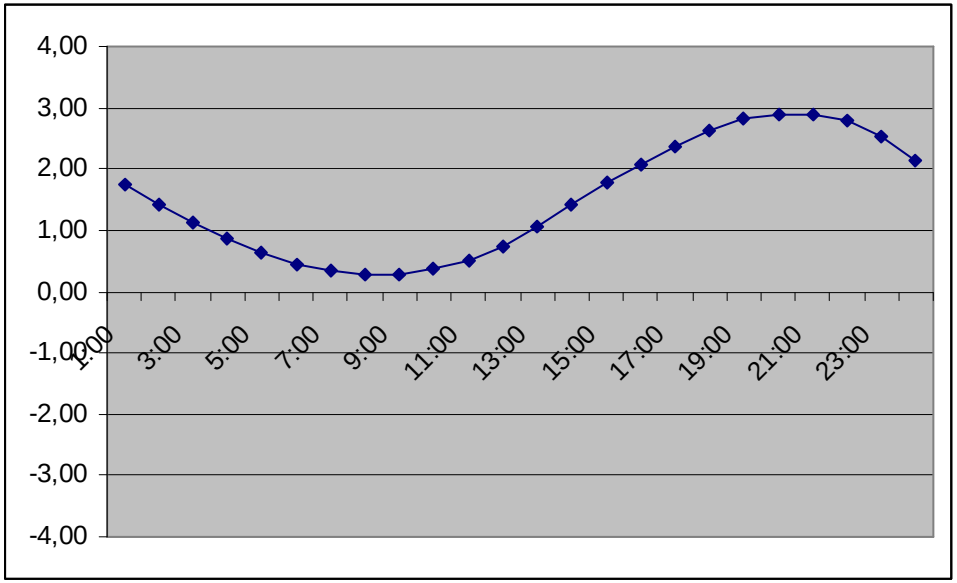
Annexe 32 : présence de champignons sur le site d'Arpaillargues

Développement de champignons basidiomycètes

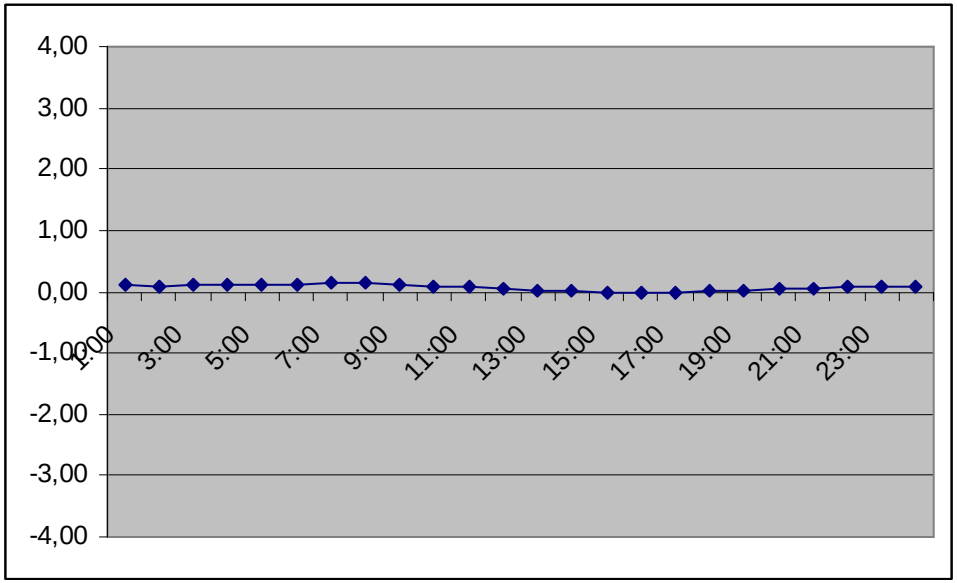
Champignon sur le couvert de B.R.F.

Annexe 33 : température du sol du site d'Arpaillargues chez David Nougier

2010



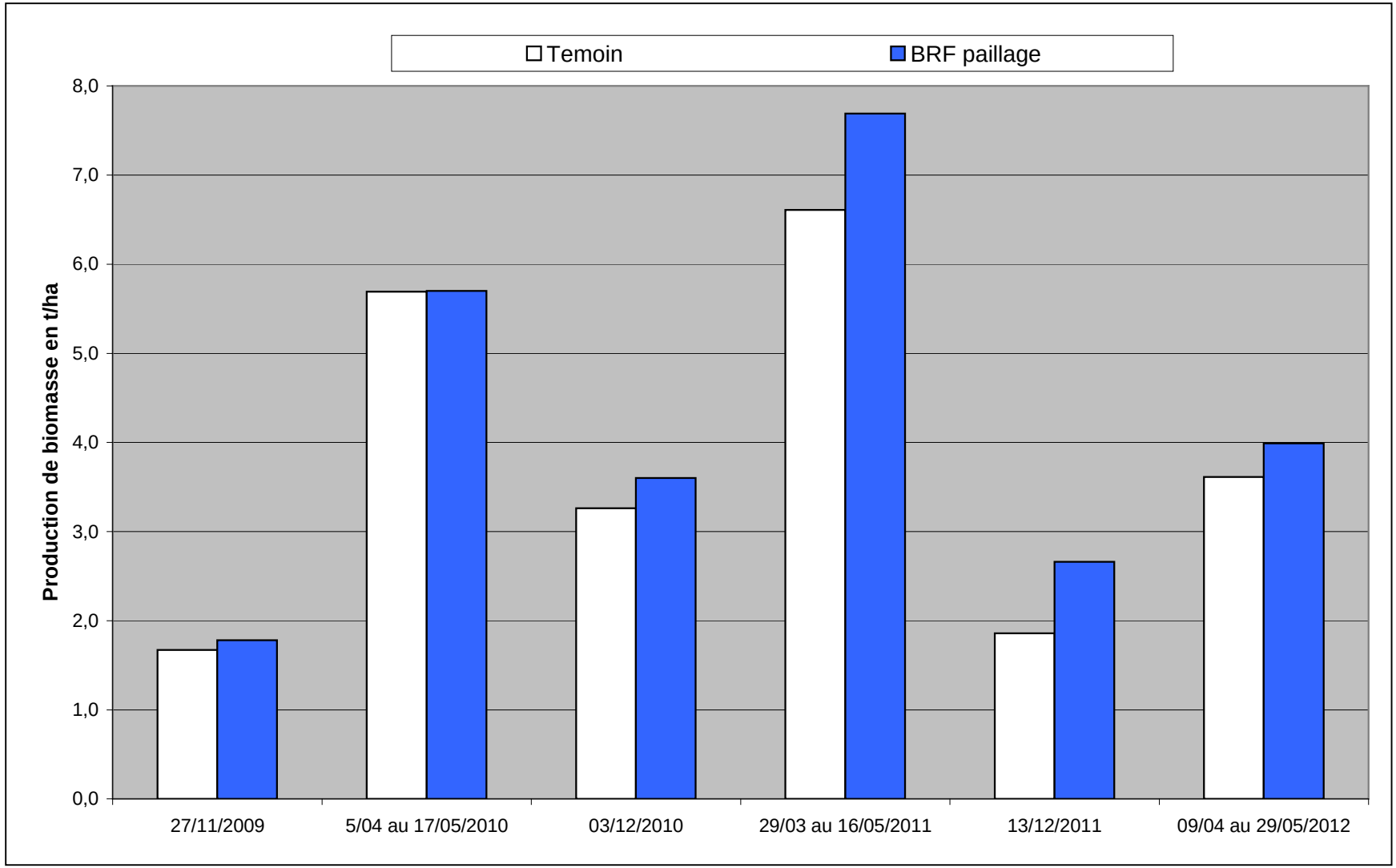
2011



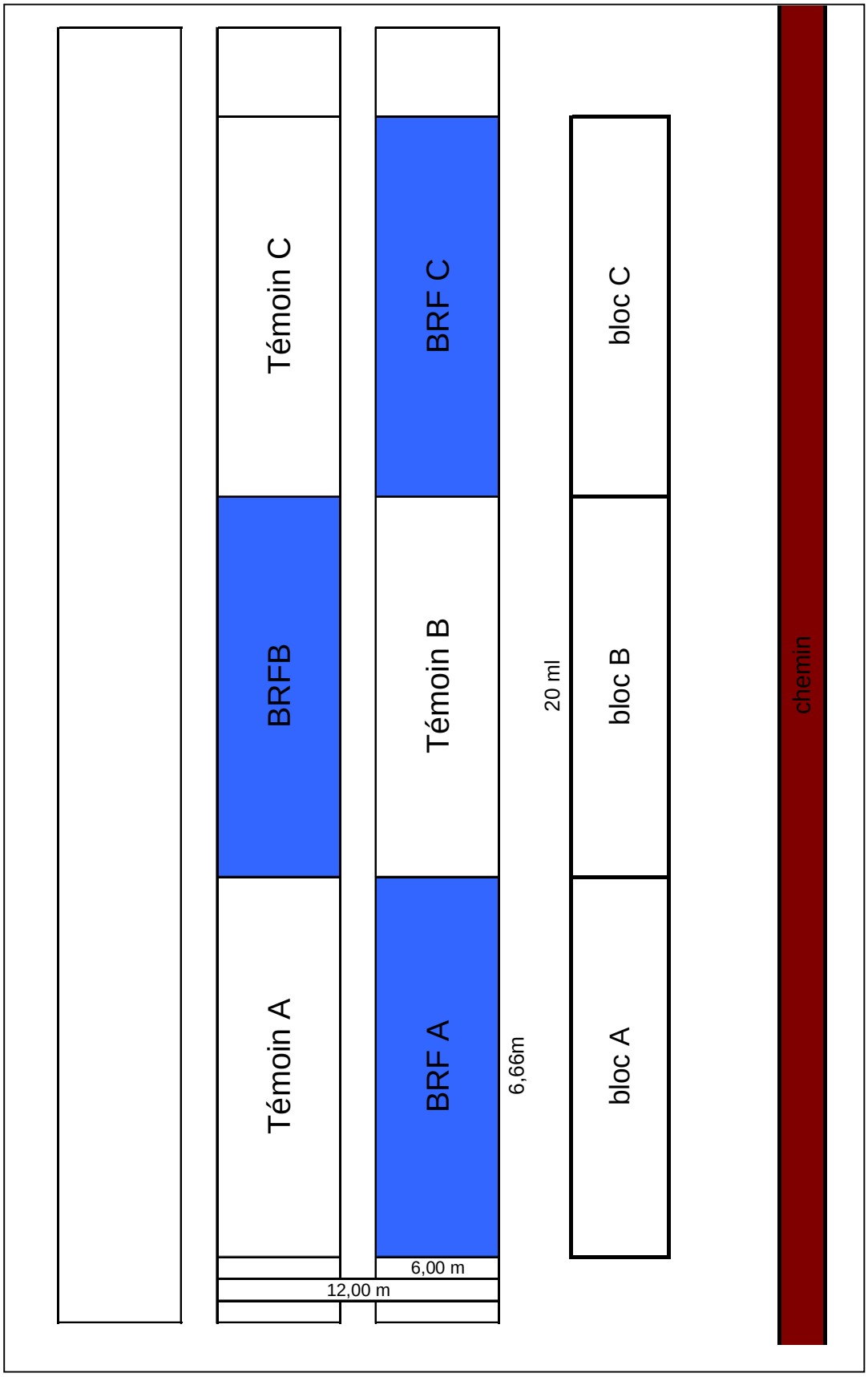
Annexe 34 : caractérisation thermique du B.R.F. du site d'Arpaillargues chez David Nougier

Mesure avec caméra infrarouge du BRF par Gilles Frances de la PFT du Gard

Annexe 35 : production de biomasse de la culture d'asperge du site d'Arpaillargues chez David Nougier

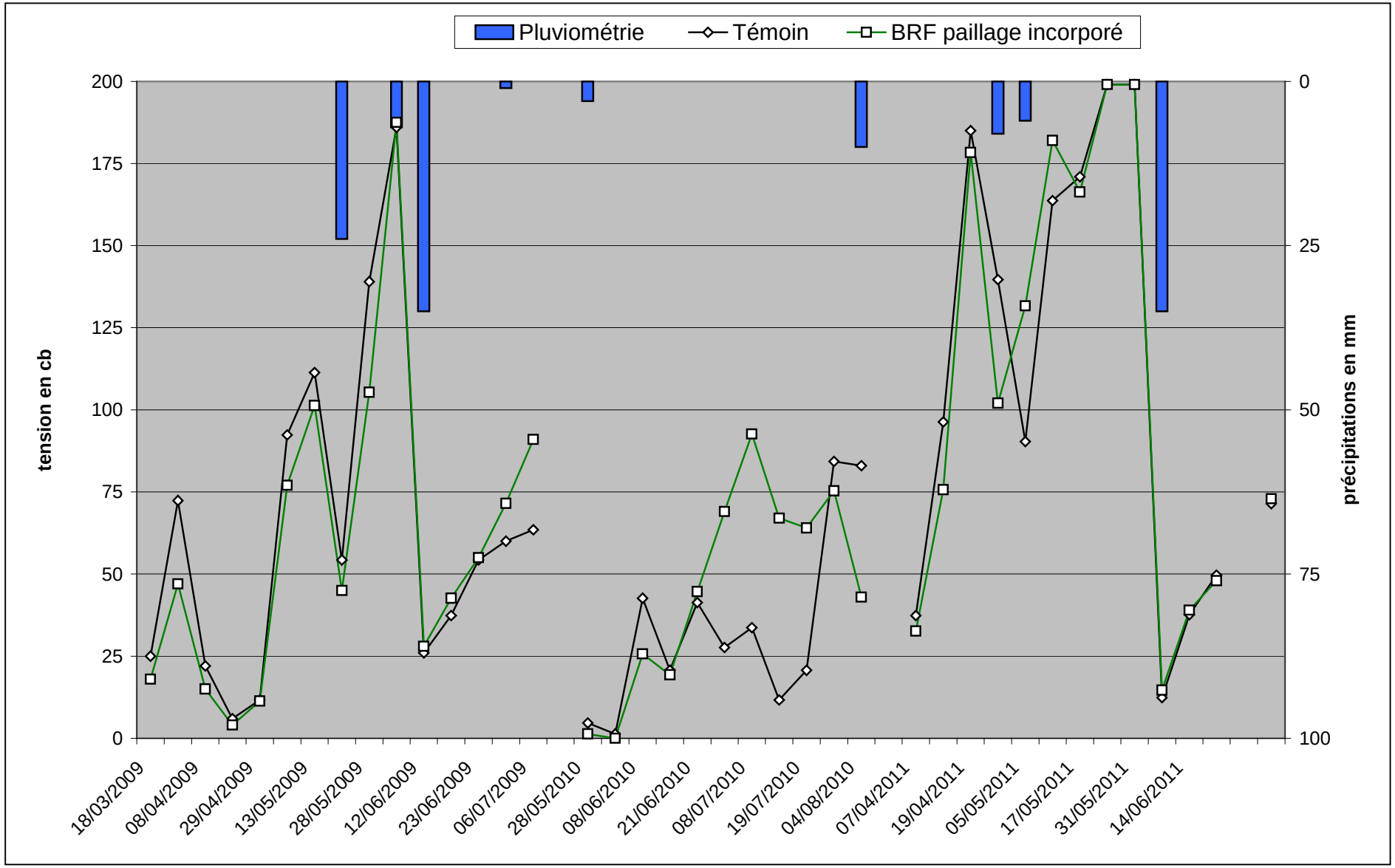


Annexe 36 : dispositif expérimental du site de Bourdic chez Jean-Luc Robby

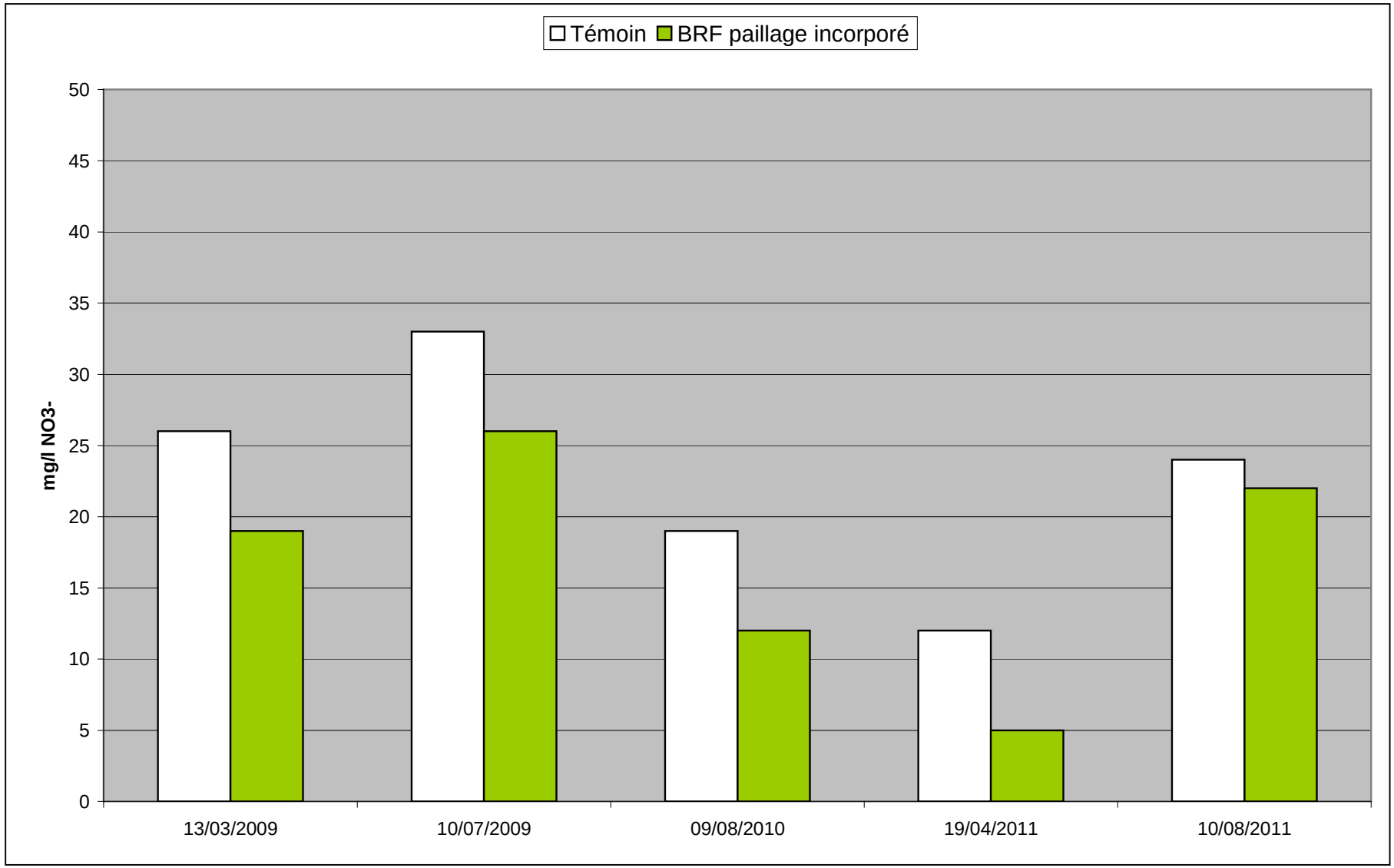


Annexe 37 : cycle cultural du site de Bourdic chez Jean-Luc Robby

Annexe 38 : suivi tensiométrique du site de Bourdic chez Jean-Luc Robby



Annexe 39 : teneur en nitrate du sol du site de Bourdic chez Jean-Luc Robby



Annexe 40 : protocole de mesure des nitrates avec un GPN

GPN PILOT

GPN Pilot : un outil de pilotage de l'azote

Entre la **fertilisation raisonnée** et les contraintes des agriculteurs et des distributeurs, **GPN Pilot** est un outil pertinent, précis et représentatif, permettant de prendre une décision immédiate de **fertilisation azotée**, le tout dans des conditions d'utilisation faciles et confortables.

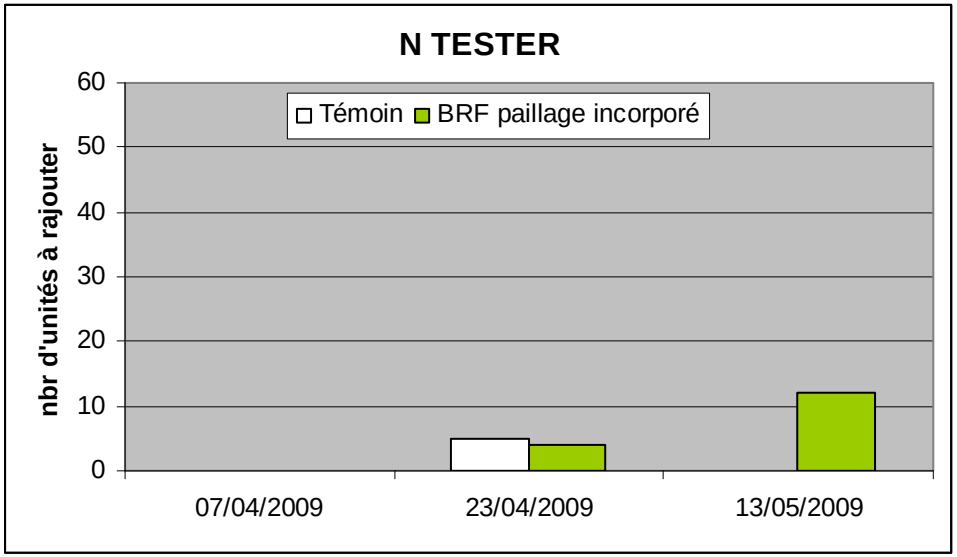
Un concentré de technologie à hauteur d'homme

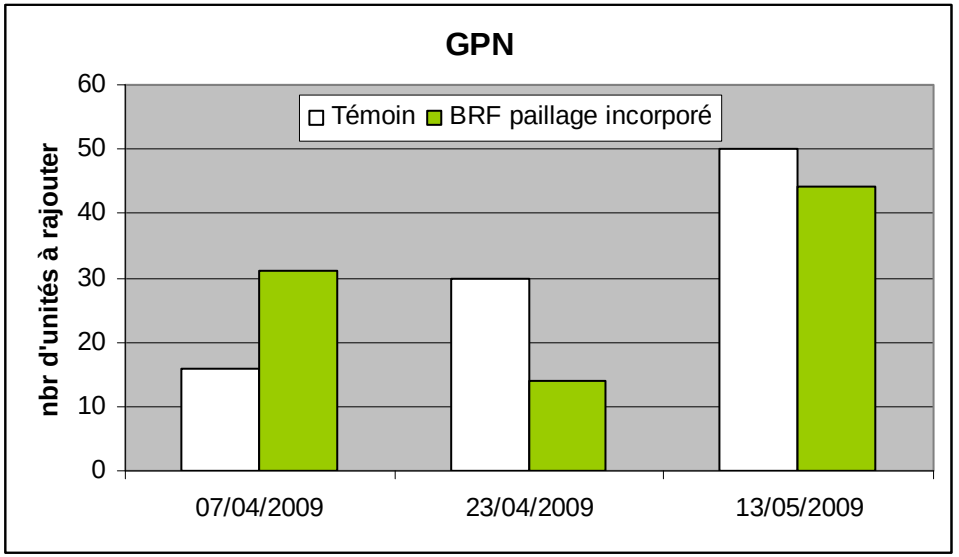
GPN Pilot est un **réflectomètre portable** : c'est le transfert des technologies utilisées par les satellites pour les rendre accessibles à « hauteur d'homme ». La mesure de la réflectance d'un couvert végétal permet de **déterminer le niveau de nutrition azotée** d'une culture et ainsi le besoin éventuel d'un **réajustement** de la fertilisation azotée.

Prenez votre décision en quelques minutes

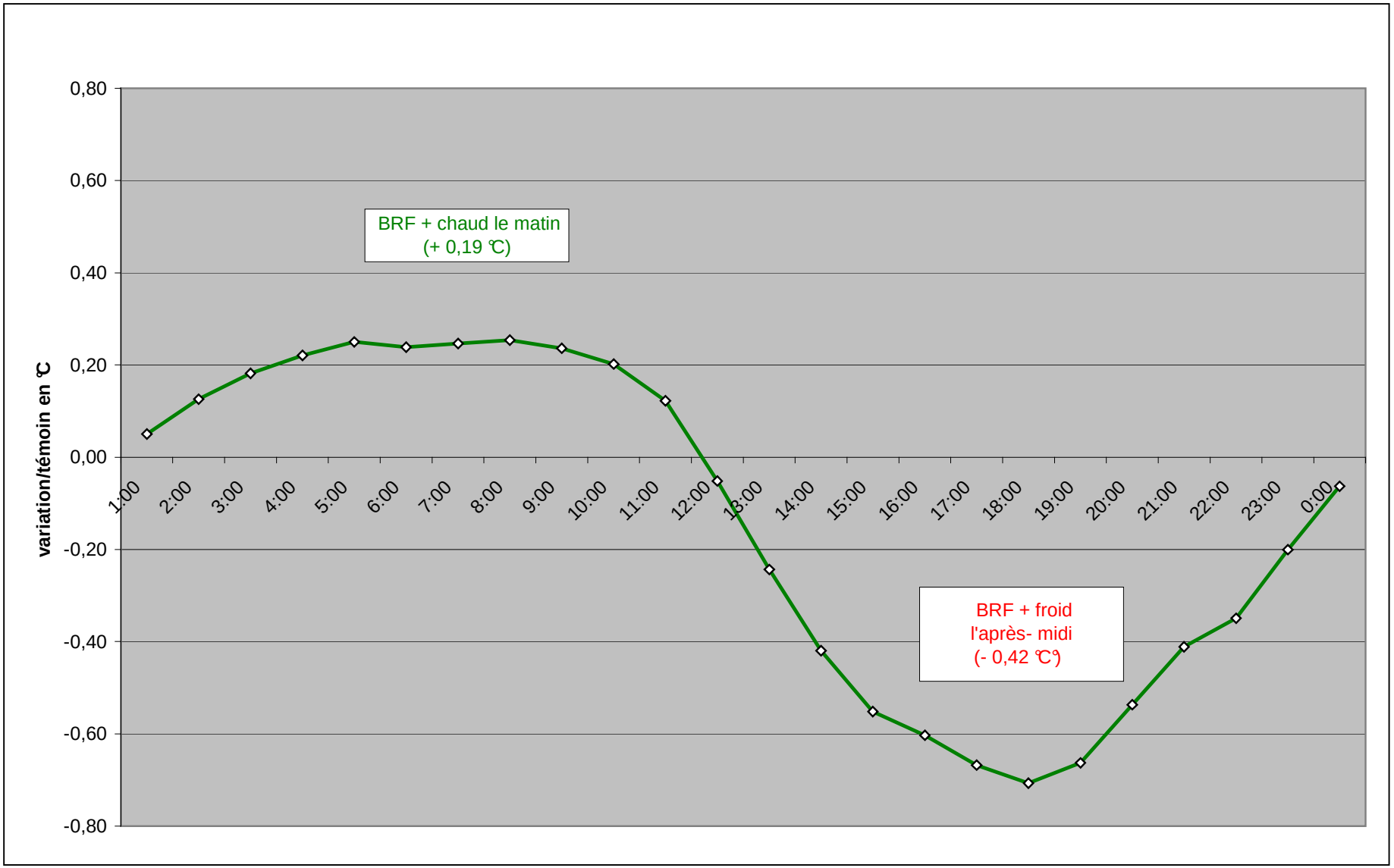
Avec GPN Pilot, la mesure est rapide, sans geste compliqué, le **diagnostic est immédiat** (le logiciel est inclus dans l'appareil), la décision de réajuster la **dose d'azote** est prise sans délai.

Annexe 41 : résultats des mesures N-Tester et GPN réalisées sur le site de Bourdic chez Jean-Luc Robby





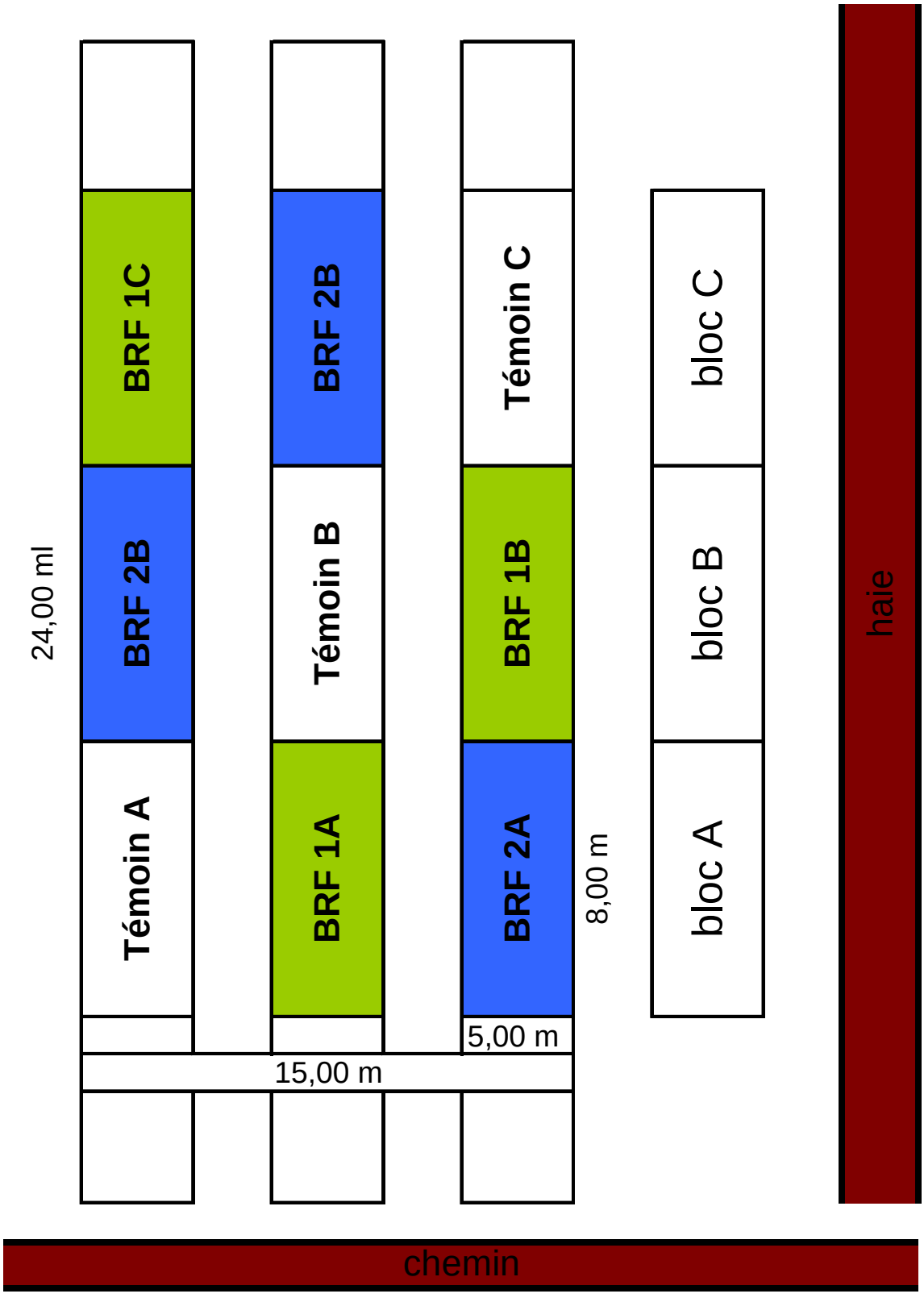
Annexe 42 : température du sol du site de Bourdic chez Jean-Luc Robby



Annexe 43 : examen du système racinaire de la culture de melon du site de Bourdic chez Jean-Luc Robby

Témoin	BRF paillage incorporé

Annexe 44 : dispositif expérimental du site de Montfrin chez Didier Bonnard



Annexe 45 : cycle cultural du site de Montfrin chez Didier Bonnard

Pomme de terre primeur

	nov-08			décembre			janv-09			février			mars			avril			mai			juin		
Cycle									P pomme de terre											R				
BRF incorporation			I																					
BRF incorporation + paillage			I													P								

Incorporation
Paillage
Cycle
Plantation
Récolte

Haricot

	juil-09			aout			septembre			octobre			novembre			décembre		
Cycle				S haricot									R					
BRF incorporation																		
BRF incorporation + paillage																		
BRF paillage							P											

Incorporation
Paillage
Cycle
Semis
Récolte

Pomme de terre primeur

	déc-09			janv-10			février			mars			avril			mai			juin			juillet		
Cycle													P pomme de terre							R				
BRF incorporation																								
BRF incorporation + paillage																								
BRF paillage																								

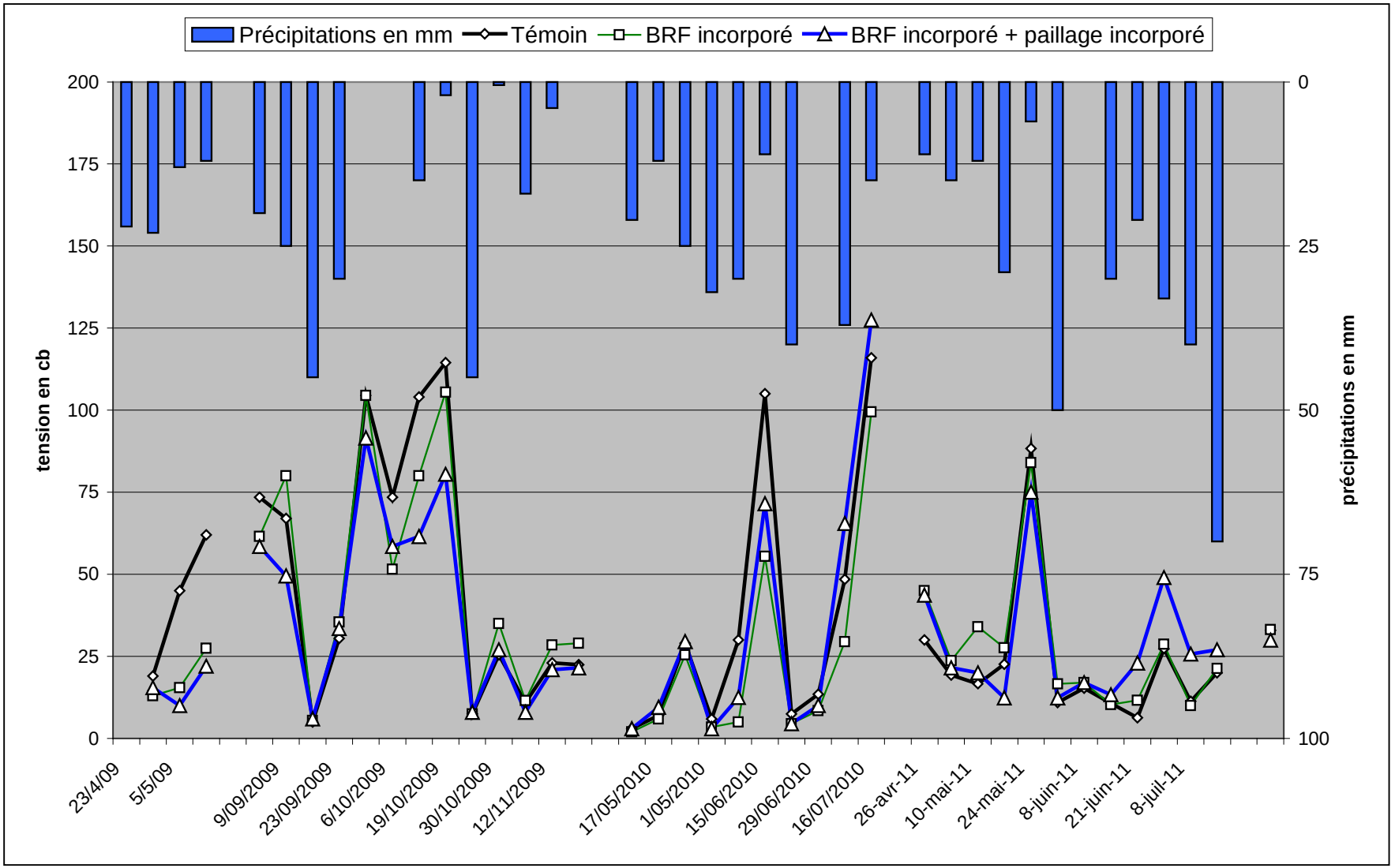
Incorporation
Paillage
Cycle
Plantation
Récolte

Pomme de terre primeur

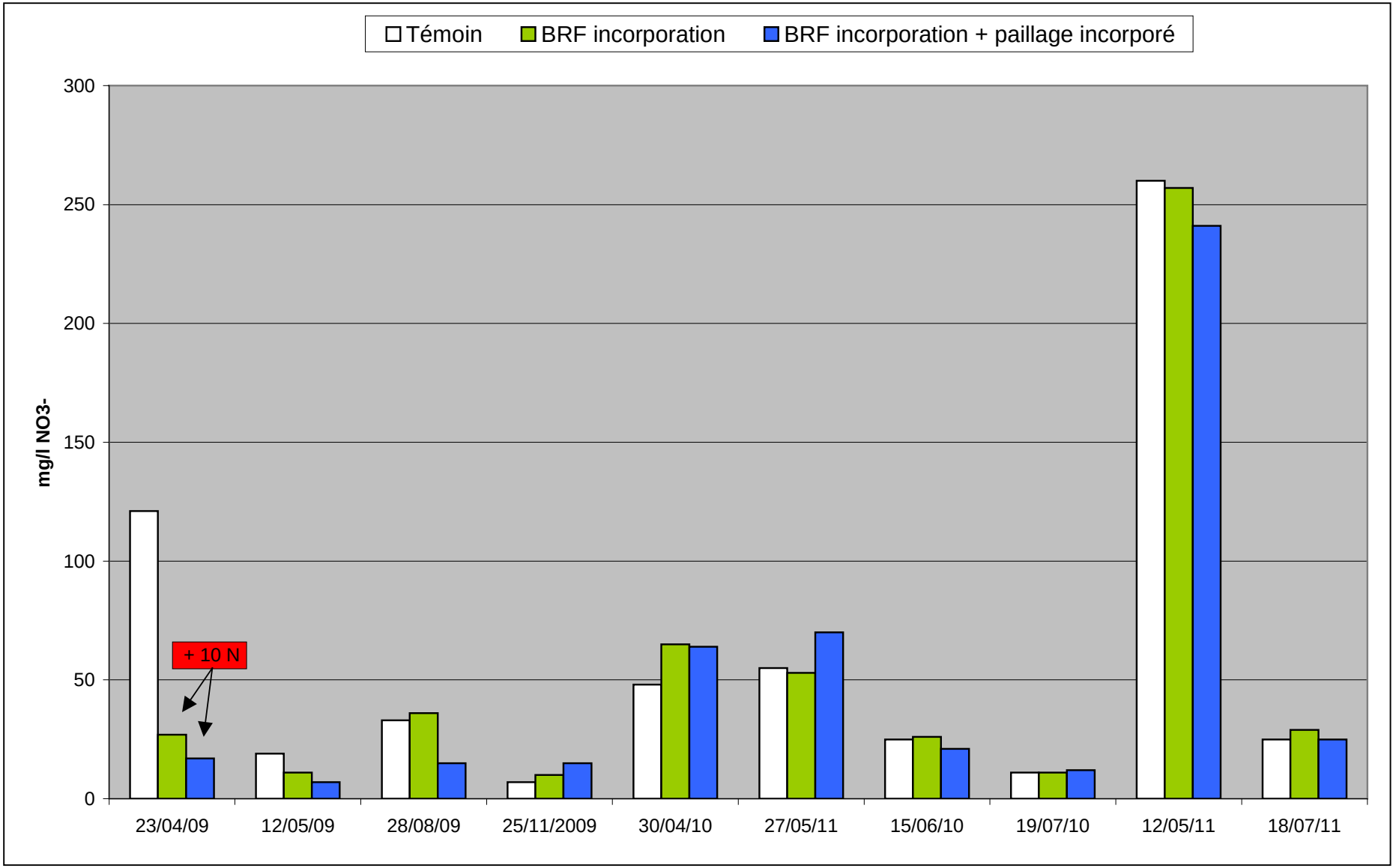
	déc-10			janv-11			février			mars			avril			mai			juin			juillet		
Cycle													P pomme de terre							R				
BRF incorporation																								
BRF incorporation + paillage																								
BRF paillage																								

Incorporation
Paillage
Cycle
Plantation
Récolte

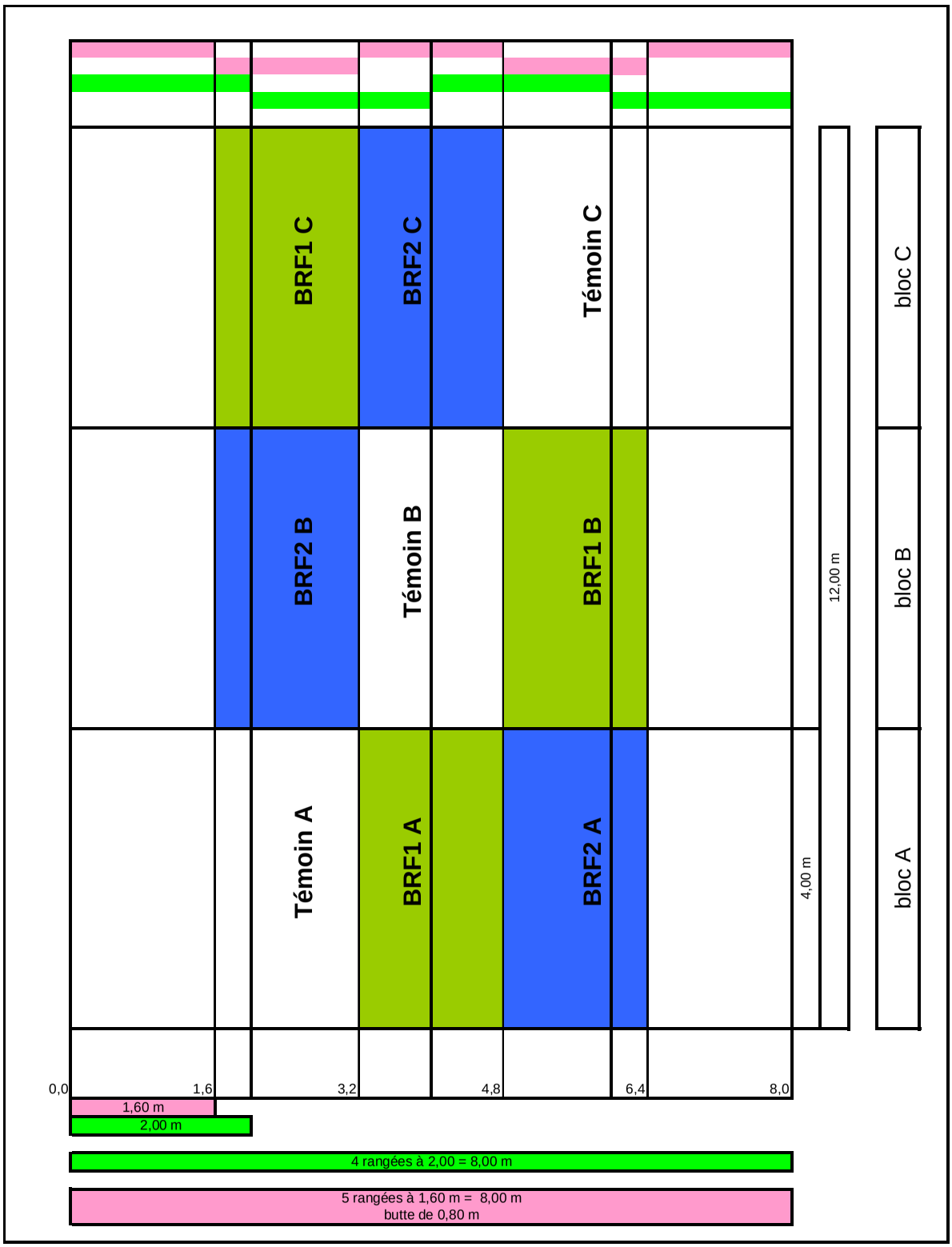
Annexe 46 : suivi tensiométrique du site de Montfrin chez Didier Bonnard



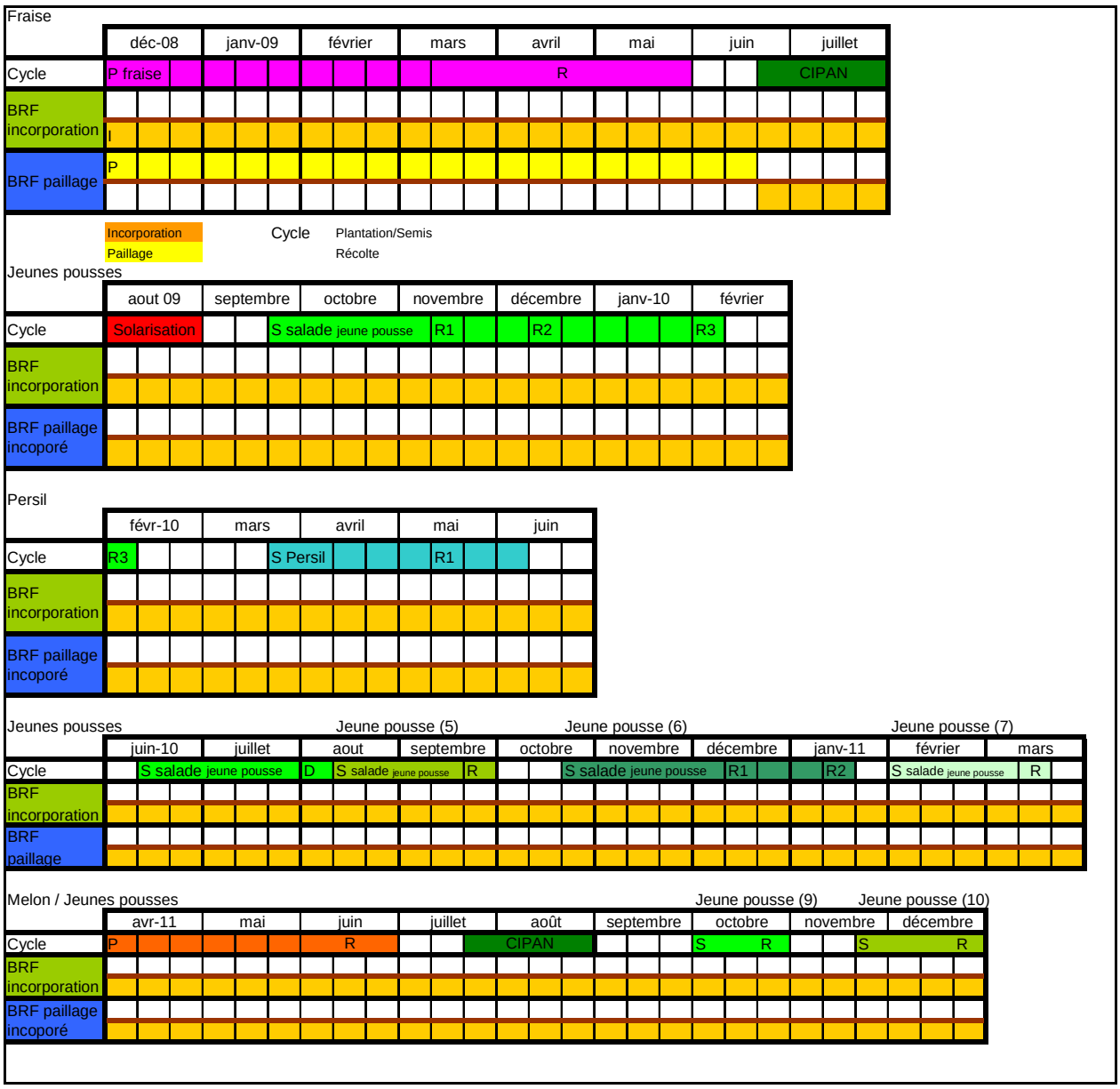
Annexe 47 : teneur en nitrate du sol du site de Montfrin chez Didier Bonnard



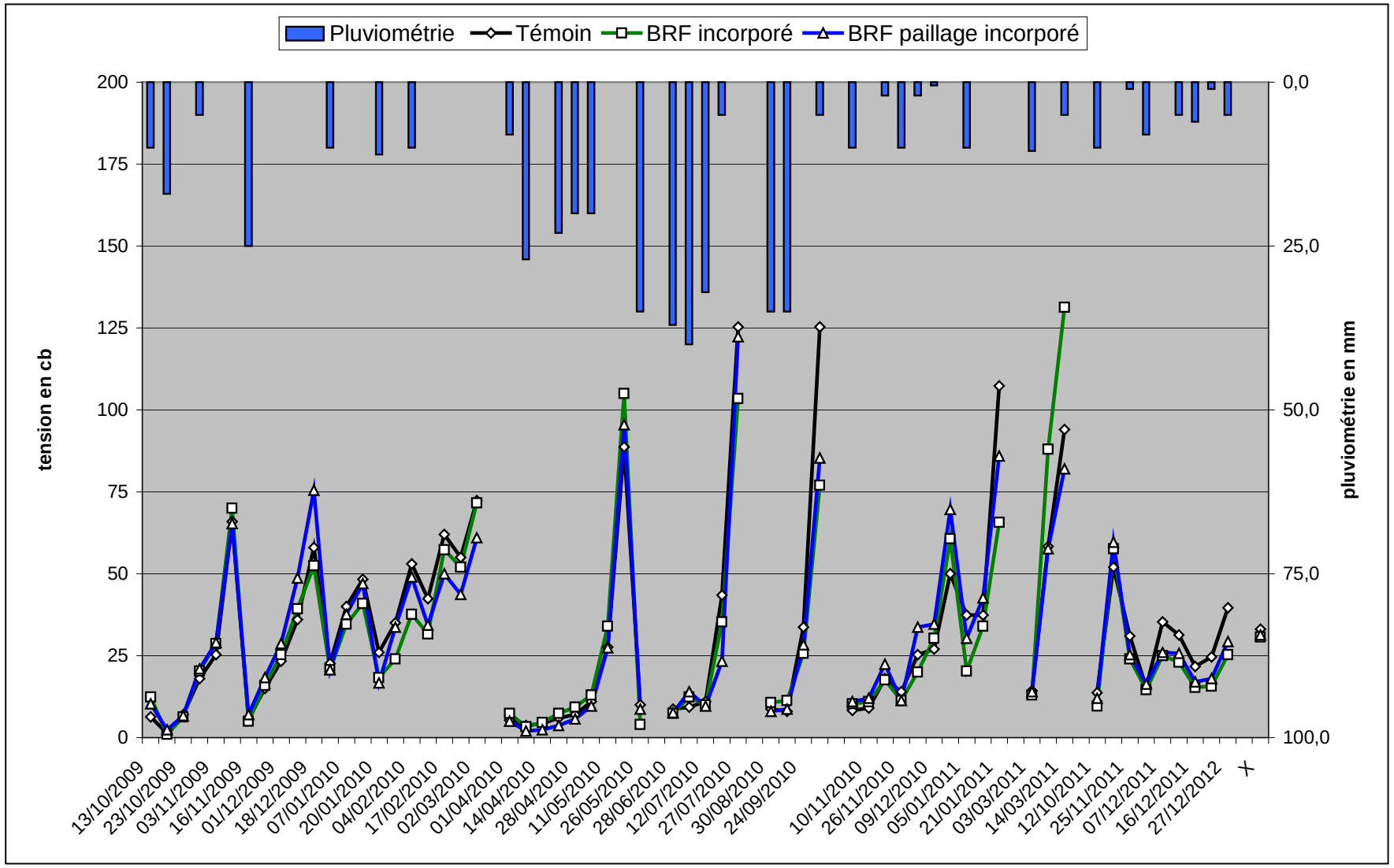
Annexe 48 : dispositif expérimental du site de Saint-Gilles chez Olivier Dumont



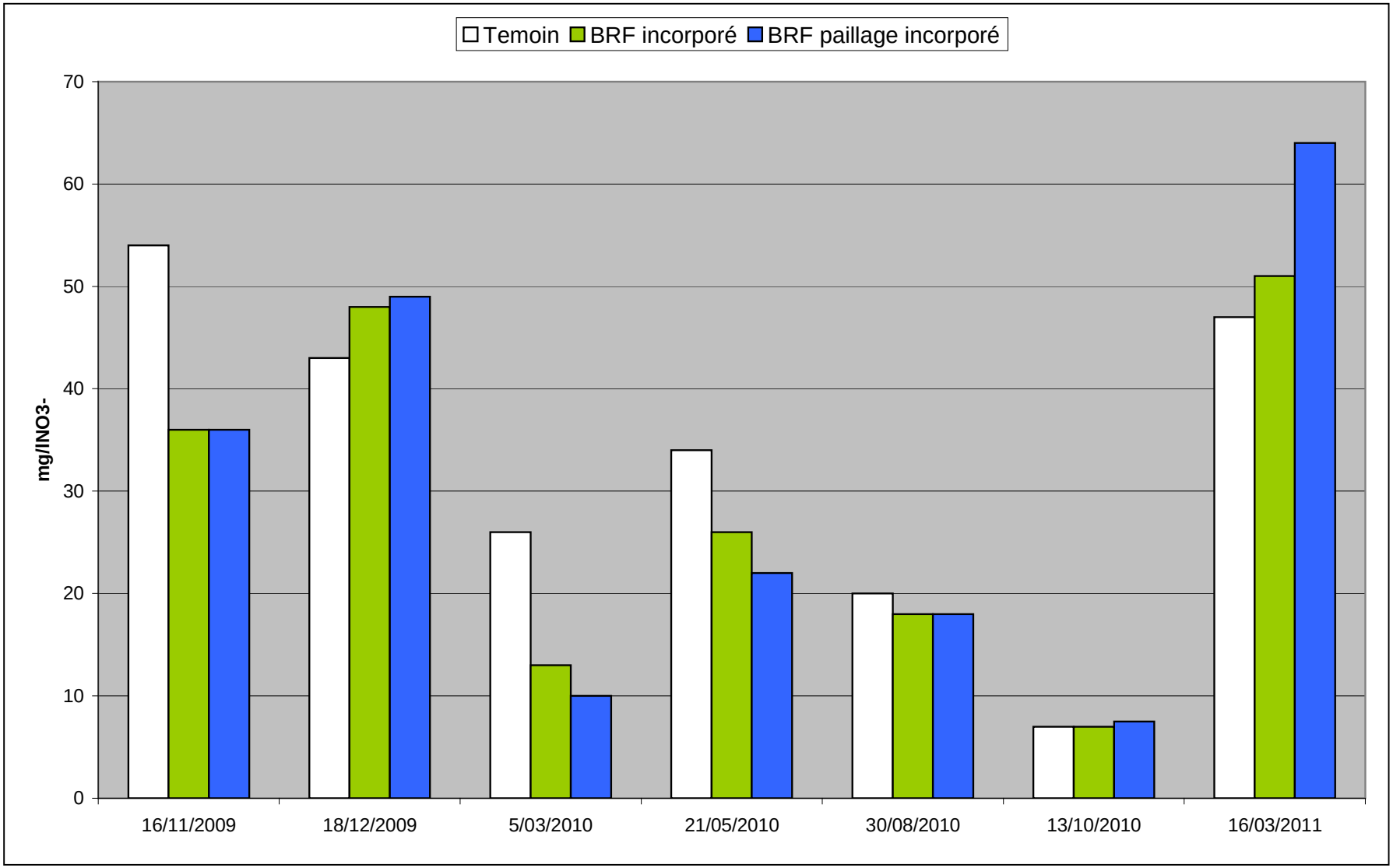
Annexe 49 : cycle cultural du site de Saint-Gilles chez Olivier Dumont



Annexe 50 : suivi tensiométrique du site de Saint-Gilles chez Olivier Dumont

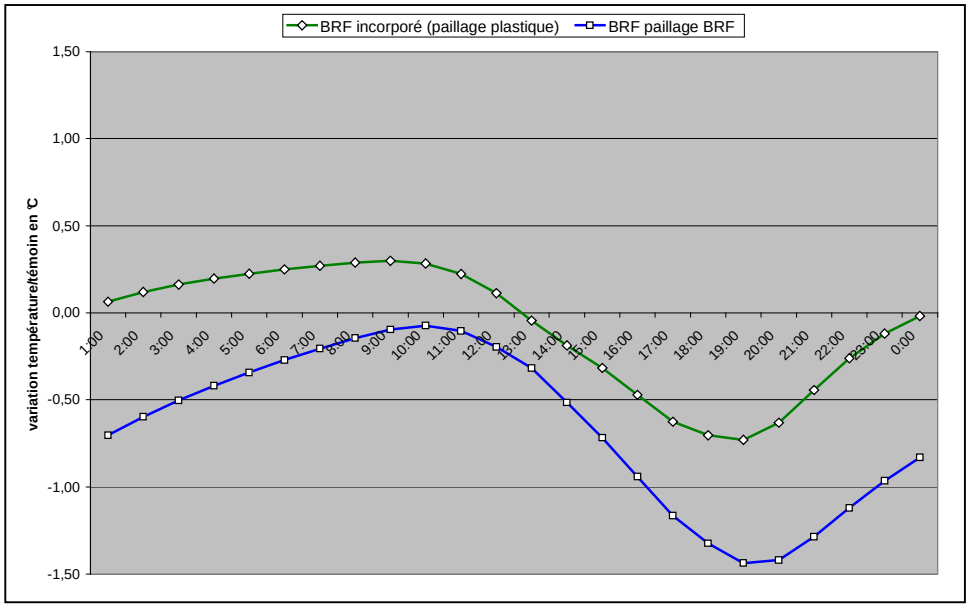


Annexe 51 : teneur en nitrate du sol du site de Saint-Gilles chez Olivier Dumont



Annexe 52 : température du sol du site de Saint-Gilles chez Olivier Dumont

2009



2010